

O óleo de buriti é detentor da maior fonte de β -caroteno no reino vegetal, isso faz com que tenha elevado teor de carotenoides totais, tornando um ingrediente com alto potencial para pigmentar o filé de truta arco-íris. Diante disso, o estudo teve

como objetivo determinar a quantidade de carotenoides totais depositados no músculo da truta arco-íris, com e sem adição de óleo de soja, óleo de buriti e corante sintético, para truta arco-íris de peso médio de 100 g, sobre o desempenho produtivo, perfil hematológico e rendimento de carcaça.

Orientador: Alceu Mezzalira

Coorientador: Rodrigo Takata

Lages, 2019

ANO
2019

CAMILA SOUSA MAGELA DE MENZES | ÓLEO DE BURITI NA PRODUÇÃO DE TRUTA SALMÔNADA



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

TESE DE DOUTORADO

**ÓLEO DE BURITI NA PRODUÇÃO
DE TRUTA SALMÔNADA**

CAMILA SOUSA MAGELA DE MENEZES

LAGES SC, 2019

CAMILA SOUSA MAGELA DE MENEZES

ÓLEO DE BURITI NA PRODUÇÃO DE TRUTA SALMONADA

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal

Orientador: Alceu Mezzalira

Coorientador: Rodrigo Takata

**LAGES - SC
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Menezes, Camila Sousa Magela de
Óleo de buriti na produção de truta salmonada / Camila Sousa
Magela de Menezes. — 2019.
111 p.

Orientador: Alceu Mezzalira
Coorientador: Rodrigo Takata
Tese (doutorado) — Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Ciência Animal, Lages, 2019.

1. Óleo de buriti. 2. Truta salmonada. 3. Óleo amazônico. 4.
Pigmentação de filé. 5. Carotenoides. I. Mezzalira, Alceu . II.
Takata, Rodrigo. III. Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Ciência Animal. IV. Tinulo.

ÓLEO DE BURITI NA PRODUÇÃO DE TRUTA SALMONADA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina- UDESC, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Banca Examinadora

Coorientador:



Dr. Rodrigo Takata
FIPERJ – Nova Friburgo - RJ

Membro:



Dr. Aury Nunes de Moraes
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV)

Membro:



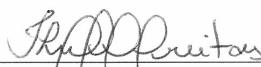
Dr. André Bohrer Marques
UNESA – Nova Friburgo - RJ

Membro:



Dr. Licius de Sá Freire
FIPERJ – Nova Friburgo - RJ

Membro:



Dr. Thiago Mendes de Freitas
FIPERJ – Nova Friburgo - RJ

Lages, 09 de dezembro de 2019

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, especialmente, pela oportunidade em realizar o doutorado

A UDESC por proporcionar condições estruturais e acadêmicas

A PROMOP pelo apoio financeiro

Ao meu orientador Alceu Mezzalira por toda consideração e paciência

A FIPERJ-RJ pela parceria e contribuição para a realização do projeto de pesquisa

Ao meu Coorientador Rodrigo Takata, e toda sua equipe, pela primada colaboração na execução do experimento realizado em Nova Friburgo – RJ

Ao Sítio Gaia pela realização de parte de meu experimento

A Nicoluzzi por fornecer subsídios para a realização do experimento

Ao Nelson Beretta por ceder os peixes utilizado no experimento realizado em Painel -SC

Ao meu marido Eduardo por todo o companheirismo

Ao meu filho Noah pelo amor e carinho

Aos meus pais, Geraldo e Maria por todo apoio e confiança

Minhas irmãs Sharlene e Priscilla por doses de ânimo

Aos meus colegas Erick e Letícia pela ajuda incontestável

“Entre as variadas espécies de palmeiras da Amazônia, o buriti é das que apresentam mais elegantes e belos espécimes... o buriti é de linhas tão nobres e tão poéticas no seu todo que entre elas se salienta”.

A. Lustoso, Arcebispo do Pará, 1930

RESUMO

Menezes, Camila Sousa Magela. **Óleo de buriti na produção de truta salmonada.** 2019. 110f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UDESC), Lages, SC, 2019.

Os salmonídeos (trutas e salmões) apresentam originalmente carne branca e adquirem a típica coloração avermelhada devido a ingestão de alimentos ricos em astaxantina natural. Quando cultivados, é incluído corante sintético na ração dos peixes para pigmentar o filé, sendo a astaxantina o pigmento mais utilizado. No entanto, a resistência pelos consumidores em adquirir alimentos com aditivos químicos tem estimulado a indústria e pesquisadores a substituírem o pigmento sintético por pigmentos naturais. O presente trabalho é composto por três estudos com o propósito de utilizar o óleo de buriti refinado e bruto como pigmento natural na salmonização da truta arco-íris, e sua influência no desempenho produtivo, parâmetros hematológicos e rendimento de carcaça. O primeiro estudo consistiu em adequar o nível de inclusão manual de óleo de buriti refinado em ração comercial extrusada para trutas arco-íris e determinar a absorção de óleo aos grãos de ração bem como, a flutuabilidade e lixiviação. Foram testados diferentes níveis de óleo de buriti e tempos de flutuação dos grãos de ração em água. A inclusão manual de óleo de buriti em níveis de até 5% garantiu elevada retenção lipídica e integridade dos grãos de ração. O segundo estudo realizado em Nova Friburgo – RJ, objetivou pigmentar o filé de truta arco-íris utilizando diferentes níveis de óleo de buriti refinado, óleo de soja e astaxantina sintética. O nível de 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais + 10 mg/Kg de astaxantina sintética) proporcionou maior deposição (34,75 mg/Kg) de carotenoides totais no músculo da truta arco-íris. O terceiro estudo realizado em Painel – SC, utilizou diferentes níveis de óleo de buriti bruto, óleo de soja e cantaxantina sintética na pigmentação de truta arco-íris. A dieta contendo 3,45% de óleo de buriti, que corresponde a 50 mg/Kg de carotenoides totais alcançou níveis de deposição de 30,5 mg/Kg de carotenoides totais. Como conclusão, o óleo de buriti, tanto o refinado quanto o bruto é capaz de pigmentar o filé de truta arco-íris e depositar elevadas quantidades de carotenoides, além de melhorar o desempenho produtivo de trutas arco íris, tornando-o excelente substituto aos corantes sintéticos.

Palavras Chave: Óleo amazônico, *Mauritia flexuosa*, Pigmentação de trutas, Pigmentos carotenoides

ABSTRACT

Menezes, Camila Sousa Magela. **Buriti oil in the salmon trout production.** 2019. 110f. Thesis (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UDESC), Lages, SC, 2019.

Salmonids (trout and salmon) have originally white meat and the typically reddish color is obtained due to the ingestion of food rich in natural astaxanthin. During the culture, the synthetic dye is included in fish feed to pigment their fillet. Astaxanthin is the most commonly pigment used. However, the consumer resistance to food with chemical additives has encouraged the industry and researchers to replace the artificial pigments by natural ones. This study consisted of three experiments to test the use of buriti oil as a natural pigment in rainbow trout salmonization, and its influence on yield performance, hematological parameters and carcass yield. The first study adjusted the level of manual inclusion of buriti oil in a commercial extruded rainbow trout feed, and determined the pellet oil absorption as well as their buoyancy and leaching. Different levels of buriti oil and pellet immersion times in water were tested. Manual inclusion of buriti oil up to 5% ensures high lipid retention and pellet integrity. The second study was performed in Nova Friburgo - RJ, and aimed to pigment the rainbow trout fillet, by the use of different levels of refined buriti oil, in comparison to soybean oil and synthetic astaxanthin. The 5% buriti oil level (40 mg / kg total carotenoids + 10 mg / kg synthetic astaxanthin) provided deposition of 34.75 mg / kg total carotenoids in the rainbow trout muscle. The third study was performed in Painel - SC, using different levels of crude buriti oil in comparison to soybean oil and synthetic canthaxanthin, for rainbow trout pigmentation and performance. The diet containing 3.45% buriti oil, which corresponds to 50 mg / kg total carotenoids reached deposition levels of 30.5 mg / kg total carotenoids. In conclusion, both refined and crude buriti oil are able to pigment the rainbow trout fillet and deposit high amounts of carotenoids, as well as improving the productive performance of rainbow trout, making it an excellent substitute for synthetic pigments.

Key Words: Amazon oil, *Mauritia flexuosa*, Trout pigmentation, Carotenoids Pigments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Revisão de Literatura

Figura 1. Buritizal. Fonte: Pete Caton. http://www.cerratinga.org.br/buriti/ .	13
Figura 2. Diferentes formas do buriti: a) Fruto b) Semente c) Óleo.	14
Figura 3. Estrutura molecular do β -caroteno e vitamina A.	16
Figura 4. Estrutura do retinol e carotenoides provitamina A.	17
Figura 5. Atividade vitamínica de alguns carotenoides	18

Capítulo III

Figura 1. Médias da temperatura da água e oxigênio dissolvido correspondentes aos meses de abril a julho no período da manhã e à tarde	70
--	----

LISTA DE TABELAS

Revisão de Literatura

Tabela 1 - Quantidade de β -caroteno em diferentes óleos vegetais.	15
Tabela 2 - Concentração de carotenoide no óleo de buriti.	16
Tabela 3 - Teor de carotenoides totais no óleo de buriti encontrados por diferentes autores..	19
Tabela 4 - Composição de ácidos graxos (%) em diferentes óleos vegetais.	20

Capítulo I

Tabela 1 - Taxa de retenção de óleo de buriti e óleo de soja em ração comercial extrusada para peixes, submetidos a diferentes níveis de incorporação.	32
Tabela 2 - Parâmetros de lixiviação e flutuabilidade de graôs de ração submetidos a diferentes níveis de inclusão de óleo de buriti (0%, 3%, 5% e 7%) e diferentes tempos de flutuação.	33

Capítulo II

Tabela 1 - Níveis de inclusão de óleo de soja, óleo de buriti e astaxantina sintética na dieta experimental extrusada utilizada durante o experimento.	45
Tabela 2 - Desempenho de truta arco-íris alimentada com dietas isoproteicas, adicionadas de óleo de buriti e óleo de soja, com ou sem a adição de astaxantina.....	49
Tabela 3 - Média da porcentagem de rendimento do peixe eviscerado e do filé, e índice hepatossomático (IHS).	49
Tabela 4 - Parâmetros sanguíneos de glicose (mg/dL), hematócrito (%), proteína plasmática (mg/dL), colesterol (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), com trutas alimentadas com óleo de buriti, óleo de soja, com ou sem astaxantina	50
Tabela 5 - Quantidade de carotenoides totais (mg/Kg) no filé de truta arco-íris.	50

Capítulo III

Tabela 1 - Dietas comerciais extrusada utilizadas na alimentação de truta arco-íris.	73
Tabela 2 - Composição da dieta comercial extrusada utilizada para truta arco-íris.	73
Tabela 3 - Desempenho produtivo de truta arco-íris alimentada com óleo de buriti e óleo de soja.....	77
Tabela 4 - Quantidade de carotenoides (mg/Kg) no filé de truta arco-íris alimentadas com diferentes dietas contendo óleo de soja (OS) e óleo de buriti (OB)..	77

Anexo A

Tabela 6 Composição da dieta experimental extrusada utilizada para truta arco-íris	110
Tabela 7 Análise das dietas experimental após inclusão do óleo de soja, óleo de buriti e astaxantina sintética.	105

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 BURITI <i>MAURITIA FLEXUOSA</i>	13
2.2 POTENCIALIDADES DO BURITI	15
2.3 APLICABILIDADE DO ÓLEO DE BURITI NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL.....	20
2.4 UTILIZAÇÃO DO BURITI NA INDÚSTRIA	22
2.5 PRODUÇÃO DE TRUTA SALMONADA	23
3- CAPÍTULO I –	26
ÓLEO DE BURITI INCORPORADO MANUALMENTE EM RAÇÃO COMERCIAL EXTRUSADA PARA TRUTA ARCO-ÍRIS	26
3.1 RESUMO	27
3.2 ABSTRACT	28
3.3 INTRODUÇÃO.....	29
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.5 RESULTADOS	32
3.6 DISCUSSÃO.....	34
3.7 CONCLUSÃO.....	36
3.8 REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO II –	40
ÓLEO DE BURITI NA PIGMENTAÇÃO DO FILÉ DE TRUTA ARCO-ÍRIS	40
4. 1 RESUMO	41
4.2 ABSTRACT	42
4.3 INTRODUÇÃO.....	43
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.5 RESULTADOS	48
4.6 DISCUSSÃO	50
4.7 CONCLUSÃO.....	55
4.8 REFERÊNCIAS	57
5- CAPÍTULO III –	64
DIETAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE ÓLEO DE BURITI NO DESEMPENHO PRODUTIVO E NA PIGMENTAÇÃO DO FILÉ DE TRUTA ARCO-ÍRIS	65
5.1 RESUMO	65

5.2 ABSTRACT	67
5.3 INTRODUÇÃO	68
5.4 MATERIAL E MÉTODOS	69
5.5 RESULTADOS	74
5.6 DISCUSSÃO	75
5.7 CONCLUSÃO	79
5.8 REFERÊNCIAS	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
7 BIBLIOGRAFIA GERAL	92
ANEXO A	110

1 INTRODUÇÃO

As trutas e salmões apresentam carne de cor branca, (HATA & HATA, 1973; STOREBAKKEN & NO, 1992). No entanto, esses peixes conseguem transferir os carotenoides dos alimentos para os tecidos, o que possibilita o uso de fontes alternativas de pigmentos em rações para o processo de salmonização, que consiste em transformar a coloração branca da carne dos salmonídeos em coloração avermelhada.

Dentre as espécies de peixes que mais se aproximam das características nutricionais do salmão, destaca-se a truta arco-íris, que apresenta alta concentração de ômega 3 e ausência de espinhos intramusculares (TORRISSEN, 1995). Diferentemente do salmão selvagem, a truta arco-íris não possui coloração alaranjada na musculatura, sendo necessária a adição de pigmentos na ração para conferir a coloração desejada (LATSCHA, 1990). Os corantes comumente utilizados na ração para salmonídeos criados em cativeiro são astaxantina e cantaxantina sintética. No entanto, a intensa utilização de corantes sintéticos no cultivo de salmonídeos tem causado grande impacto na saúde dos consumidores (SRIVASTAVA, 2015).

A introdução de fontes de carotenoides nas rações para os salmonídeos foi o primeiro passo para a produção de um filé que se assemelhasse ao do pescado oriundo da natureza, sendo os subprodutos da indústria camaroneira a fonte de carotenoides nas rações; todavia, a relação custo e qualidade do ingrediente inviabilizou essa alternativa (TORRISSEN, 1995).

O interesse por parte da indústria, pesquisadores e consumidores pela busca de alimentos funcionais têm estimulado a procura por ingredientes naturais, já que os corantes sintéticos podem apresentar efeitos colaterais quando usados na alimentação humana (ATTOKARAM, 2017). Motivados pelo potencial efeito a saúde, a inclusão do óleo de buriti na dieta da truta arco-íris pode proporcionar a pigmentação do filé, pois o fruto amazônico é detentor da maior concentração de β -caroteno já conhecida no reino vegetal. A matéria-prima apresenta propriedades antibacterianas e antioxidantes, bem como, fonte de vitaminas A e E, bem como ácidos graxos insaturados.

O buriti é oriundo da região Amazônica e seus frutos caracterizam-se por apresentarem cascas rugosas, com textura semelhante a escamas e polpa pastosa e alaranjada (LOUREIRO et al., 2013). A palmeira é popularmente conhecida como miriti, buriti ou buriti-do-brejo, com distribuição geográfica que se estende por toda a Amazônia, alcançando os seus limites, ao norte da Venezuela à Guiana Francesa, a oeste, até os

contrafortes Andinos, ao sul até Rondônia e norte do Mato Grosso, e a leste até o Amapá, Maranhão e Bahia (STORTI, 1993).

Segundo Yuyama et al., (1998), o buriti revela-se excelente fonte de vitamina A concentrada e altamente biodisponível, com a vantagem de possuir alto teor de lipídios, importantes no carreamento da vitamina podendo ser considerada como alimento funcional (MANHÃES, 2007). A oleaginosa apresenta elevados teores de carotenoides totais, sendo o β -caroteno seu principal constituinte (LIMA et al., 2009).

Sabe-se que os consumidores primam por alimentação saudável e tem-se verificado resistência ao consumo de salmão de cativeiro por conter corantes sintéticos (FREITAS et al., 2017). Em função disso, a utilização de um ingrediente natural para pigmentar o filé dos salmonídeos poderá possibilitar o aumento no consumo. Devido ao ineditismo do estudo, não há dados na literatura sobre a utilização do óleo de buriti na pigmentação de truta arco-íris, no entanto, por possuir elevado teor de β -caroteno, poderá possibilitar a salmonização do filé.

A hipótese geral deste estudo está baseada na produção de truta salmonada com a inclusão de um pigmento natural amazônico em substituição aos corantes sintéticos utilizados na pigmentação do músculo da truta arco-íris.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BURITI *Mauritia flexuosa*

O buriti é uma palmeira da família *Arecaceae*, de estipe solitário, ereto, dioico, com folhas costa palmadas e do gênero *Mauritia*, sendo mais comum as espécies *M. flexuosa* e *M. vinifera*. É considerado uma das maiores e mais bela palmeira da Amazônia podendo alcançar cerca de 35 metros de altura e 30 cm de diâmetro (BARROS E JARDINE, 2005). A palmeira é designada como “árvore da vida”, pois dela tudo se aproveita, atendendo a maior parte das necessidades humanas (SANTOS, 2016). Para os tupis, o buriti era designado como *mbiriti*, que significa “a árvore que emite líquido”, deste modo, as veredas circundadas majestosamente pelo buriti, são indícios de água pura tanto para o consumo humano como animal (Figura 1.) (SAMPAIO E CARAZZA, 2012).



Figura 1. Buritizal. Fonte: Pete Caton. <http://www.cerratinga.org.br/buriti/>.

Considerada a palmeira mais abundante do País, pode ser encontrada em toda a Região Amazônica, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Piauí e São Paulo, em áreas com altitude inferior a 1000 m (LORENZI et al, 2004). É popularmente conhecido como bariti, mariti, meriti, miriti, muriti, palmeira-do-brejo, palmeira-buriti, carandá-guaçu, carandaí-guaçu (BARROS E JARDINE, 2005).

Habita áreas alagadas da Região Amazônica e Cerrado, denominadas de veredas, que são fitofisionomias com estrato arbóreo predominantemente desta palmeira (BRASIL, 2007). Cada palmeira é constituída de 1 a 9 cachos com até 1200 frutos alcançando de 2,5

a 23 toneladas/hectare/ano. Segundo dados do IBGE (2018), a produção de buriti (extrativismo) chegou a 497 toneladas, sendo os estados do Norte e Nordeste os maiores produtores (327 e 170 toneladas, respectivamente). O estado do Pará representou a região Norte, totalizando 257 T do fruto, sendo a cidade de Igarapé-Miri a responsável por 230 T da produção. Constituindo as estatísticas, o estado do Maranhão atuou com 122 T, e teve a cidade de Barrinhas como sua maior produtora (74 toneladas).

Para a produção de frutos são necessários um buriti macho para cada buriti fêmea. Ambos produzem cachos com flores alaranjadas, no entanto, somente as fêmeas desenvolvem os frutos (SAMPAIO, 2011). A floração e frutificação ocorrem anualmente, embora sua ocorrência difira entre as regiões (BARBOSA et al., 2009; BELTRÃO e OLIVEIRA, 2007). Os frutos apresentam forma elíptica e oval com peso entre 25 a 40 gramas. A casca, de cor castanho-avermelhado é disposta em escamas triangulares que envolvem todo o fruto e sua polpa carnosa e oleosa apresenta coloração amarelo-alaranjado (Figura 2.) com pH em torno de 4,7. A semente caracteriza-se no formato ovoide com 2,5 cm de diâmetro, resistente e compõe a maior parte do fruto (Figura 2), da polpa dos frutos são obtidos o vinho, doce e óleo (BARROS e JARDINE, 2005).

Figura 2. Diferentes formas do buriti: a) Fruto b) Semente c) Óleo.



Fonte 1: <https://shamanoils.com/products/buriti-oil-mauritia-flexuosa?variant=14376112488506>

Fonte 2: <http://sementesdamazonia.blogspot.com/2007/01/buriti.html>

Fonte 3: <http://cabeleireiros.com/noticias/o-poder-dos-ativos-nacionais>

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

O óleo, que possui maior representatividade comercial (Figura 2.), apresenta coloração vermelha intensa de alto valor nutricional e medicinal (SAMPAIO e CARRAZZA, 2012), com características organolépticas de sabor e aroma agradável.

Dos frutos, folhas, pecíolo, tronco, farinha e óleo são produzidos brinquedos, móveis, adornos, cosméticos e produtos alimentícios que abastecem os mercados formal e informal

da população ribeirinha (CYMERYS et al., 2005). A palmeira também exerce forte influência nas comunidades indígenas desempenhando papel ecológico, cultural e de subsistência (CASTELLANOS et al., 2017).

2.2 POTENCIALIDADES DO BURITI

As palmeiras são consideradas as famílias botânicas com maior expressividade econômica na Amazônia e o buriti vem ganhando espaço por apresentar em sua composição elevado valor nutricional devido a rica composição em ácidos graxos e compostos bioativos (SANTOS et al., 2017). Aliado a isso, o fruto detém a maior concentração de β -caroteno (Tabela 1) conhecida entre os inúmeros alimentos brasileiros. Essa característica faz do buriti um alimento especial podendo ser empregado na alimentação humana visando a prevenção de certas doenças (SHAHIDI & CAMARGO, 2016)

Tabela 1. Quantidade de β -caroteno em diferentes óleos vegetais.

Óleo vegetal	β -caroteno (mg/100g)	Autores
Buriti	4460	Lima et al., 2009
Pupunha	63,4	Ordonez-Santos et al., 2015
Palma	58,49	Feitosa et al., 2019
Pequi	24,6	Aquino et al., 2009
Tucumã	18,06	Matos et al., 2019
Cenoura	9,05	Sun & Temelli, 2006

Fonte: Próprio autor (2019).

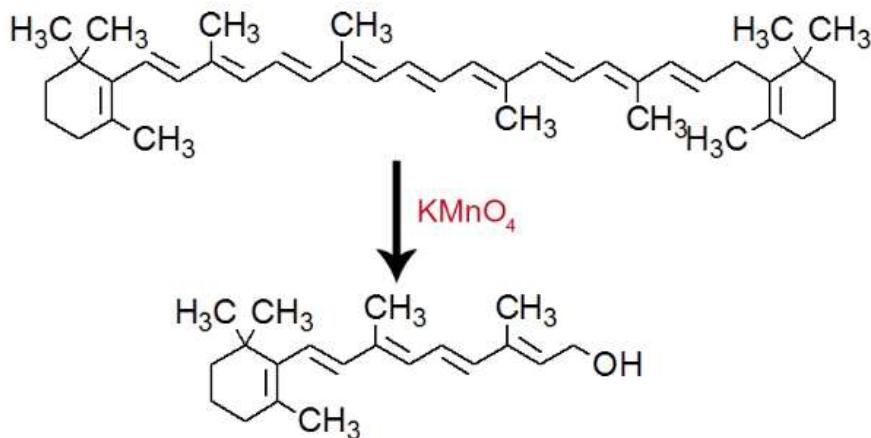
Conforme observado na Tabela 1, o óleo de buriti detém elevado teor de β -caroteno quando comparado a outros óleos vegetais, tornando o fruto a principal fonte deste carotenoide. Além disso, o buriti é constituído por outras variedades de carotenoides (Tabela 2) com quantidades significativas de α -caroteno, γ -caroteno, zeaxantina (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008), tocoferóis (DARNET et al., 2011), e vitamina A (AQUINO et al., 2012).

Tabela 2. Concentração de carotenoide no óleo de buriti.

Carotenoides	Concentração (ppm)
Fitoflueno	150±8
α -caroteno	61±7
13-cis- β -caroteno	359±27
<i>trans</i> - β -caroteno	672±10
9-cis- β -caroteno	150±18
ζ -caroteno	39±3
β -zeacaroteno	38±1
δ -caroteno	11±1
Mutacromo	45±1
β -10-apo-caroteno	70±3
γ -caroteno	13±1
Zeaxantina	98±4
Carotenoides totais	1706±54

Fonte: Albuquerque et al. (2005)

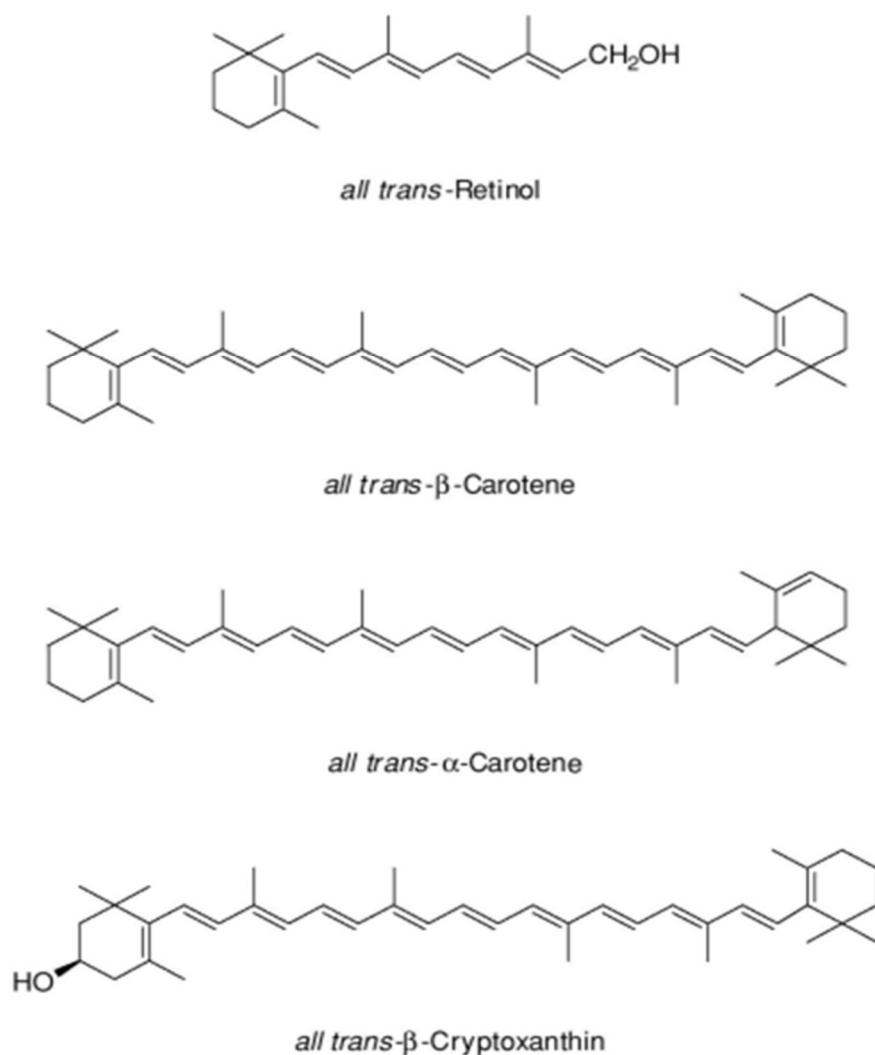
Por ser altamente carotenogênico, o fruto é considerado alimento funcional, pois apresenta elevada biodisponibilidade de vitamina A (YUYAMA et al., 1998). Este potencial pró-vitamínico do buriti é resultado dos altos teores de β -caroteno o que faz deste óleo uma das maiores fontes de provitamina A encontrada no reino vegetal (OLIVEIRA, 2011) (Figura 3).

Figura 3. Estrutura molecular do β -caroteno e vitamina A.

Fonte: Brasil Escola.

Dos 600 carotenoides presentes na natureza, apenas o β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina possuem dados disponíveis em sua composição dos alimentos para a atividade provitamina A (Figura 4.). Constituem em sua estrutura 40 átomos de carbono e ligações duplas conjugadas com estruturas cíclicas no final de sua cadeia. O β -caroteno é convertido em vitamina A pela enzima β -caroteno 15,15'dioxigenase nas células absorтивas intestinais resultando em duas moléculas de retinol (Figura 5). A vitamina A pré-formada é encontrada em derivados animais, enquanto em carotenoides dietéticos estão presentes principalmente em óleos, frutas e vegetais (IOM, 2001).

Figura 4. Estrutura do retinol e carotenoides provitamina A.



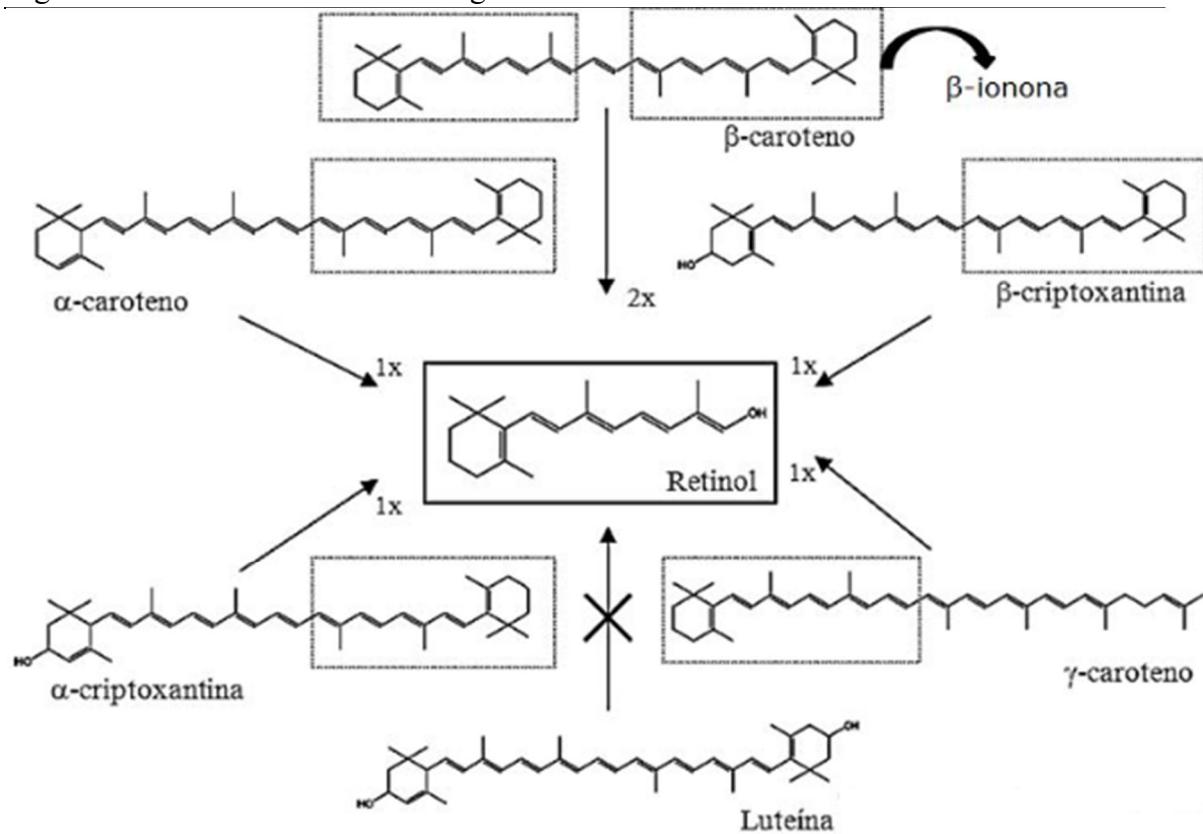
Fonte: IOM (2001)

Quanto as fontes dietéticas, pesquisas têm demonstrado que a biodisponibilidade e bioconversão dos carotenoides podem variar entre diferentes alimentos que contêm níveis

semelhantes de carotenoides e aos métodos de processamento em que os alimentos são submetidos (BOILEAU et al., 1999). Ao comparar esta absorção em óleos, vegetais e frutas, foi demonstrado que fontes lipídicas (óleo) apresentam elevada eficiência de absorção e biodisponibilidade de β -caroteno quando comparado as frutas e vegetais (CAMPOS e ROSADO, 2005).

Existem várias explicações para essa suposição, uma delas define-se pelas diferentes localizações intracelulares dos carotenoides, pois nas plantas encontram-se nos cloroplastos, enquanto nas frutas, nos cromoplastos (VAN HET HOF et al., 2000). Segundo os autores, a integridade da matriz celular também é caracterizada como fator determinante na biodisponibilidade de β -caroteno derivados de frutas e vegetais.

Figura 5. Atividade vitamínica de alguns carotenoides.



Fonte: PACHECO (2015)

Embora a absorção de carotenoides apresente maior representatividade em óleo (CAMPOS E ROSADO, 2005), vários estudos têm utilizado tanto o óleo de buriti quanto a polpa para reduzir os índices de hipovitaminose A (RIBEIRO, 2008). Aquino et al.

(2012), utilizaram 15 % de óleo de buriti para a fabricação de biscoitos tipo cookies na merenda escolar, já Leão (2017), incluiu 4% de óleo de buriti em hambúrgueres de frango e observou elevada aceitação e intenção de compra do produto.

Visando ainda a prevenção de hipovitaminose A, Mariath et al. (1989), prepararam doce de buriti para a prevenção da xeroftalmia em crianças por 20 dias e observaram que o fruto se mostrou como excelente fonte de vitamina A podendo reverter os casos clínicos da doença. A elaboração de bebidas à base de buriti também é uma forma de incrementar e enriquecer a dieta de crianças e adolescentes (MOURA FILHO, 2017).

É importante destacar que o teor de carotenoides (Tabela 3) pode variar entre os autores, devido aos diferentes métodos de extração e processamento aplicados, região produtora e época de colheita.

Tabela 3. Teor de carotenoides totais no óleo de buriti encontrados por diferentes autores.

Autor	Forma física	Método	Carotenoides (mg/Kg)	Local
Albuquerque et al. (2005)	Óleo	Espectrofotometria	1700	Amazônia
Lima et al. (2009)	Polpa	Radiação gama	440,6	Goiás
Santos et al. (2015)	Óleo	HPLC	540	Amapá
Speranza et al. (2018)	Óleo	Interesterificação enzimática	278,6	São Paulo
Freitas et al. (2017)	Óleo	HPLC	680,6	Pará
Silva et al. (2009)	Óleo	Espectrofotometria	1000	Tocantins

Fonte: Próprio autor (2019).

Além dos fatores citados na tabela 3, o grau de maturação do fruto (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008), refinamento do óleo (AQUINO et al., 2012), tempo de armazenamento (TRINDADE et al., 2016), tratamento térmico (ROCK et al., 1998), localização da matriz vegetal (VAN HET HOF, 2000), entre outros fatores, também influenciam quanto ao teor final de carotenoides presentes na polpa ou óleo. Esse ponto é importante, pois o conhecimento da composição da matéria-prima nos dá subsídios suficientes para a elaboração de β -caroteno comercial em sua forma natural (DUFOSSÉ et al., 2005).

Além de sua capacidade pigmentante, o buriti também apresenta propriedades antimicrobianas (SILVEIRA et al., 2005), cicatrizantes (BATISTA et al., 2012), microbiológicas (AGUIAR E SOUZA, 2017) e antioxidante (SANTOS et al., 2016). Essa procura por pigmentos naturais vem crescendo constantemente devido aos efeitos tóxicos que os corantes sintéticos apresentam e pelo fato de os corantes naturais possuírem carotenoides e nutrientes essenciais que não estão presentes nos carotenoides sintéticos (OLSON & KRINSKY, 1995).

Quanto ao perfil de ácidos graxos que compõe as oleaginosas amazônicas, os elevados níveis de lipídios monoinsaturados e poli-insaturados que constituem o buriti atuam com excelência (Tabela 4).

Observa-se que o ácido graxo que possui maior representatividade no óleo de buriti é o ácido oleico (83,16%), podendo se tornar forte candidato a substituto ao azeite de oliva, o que faz do óleo de buriti excelente fonte de prevenção ao colesterol (BOVI, 2015). Concentração similar foi encontrada por vários autores, com variação de 72,7% (AQUINO et al., 2012), 75,7% (DARNET et al., 2011) e 78% (JACOBO et al., 2009).

Estes valores demonstram o quanto as fontes de óleos de palmeiras nativas apresentam características importantes em sua constituição, podendo ser devidamente exploradas e incluídas na alimentação animal.

Tabela 4. Composição de ácidos graxos (%) em diferentes óleos vegetais.

Ac. Graxo	Buriti ¹	Dendê ²	Oliveira ³	Canola ⁴	Cenoura ⁵	Tucumã ⁶	Milho ⁷	Pequi ⁸	Soja ⁹
C8:0	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C12:0	0,02	0,5	*	*	*	*	*	*	*
C14:0	0,12	2	*	*	*	*	*	*	*
C16:0	17,59	47,5	14,62	6,9	10	5,31	11,1	46,3	11,3
C16:1	0,26	*	1,07	*	0,64	0,21	*	1,4	*
C17:0	0,08	*	0,14	*	*	*	*	*	*
C17:1	0,07	*	0,28	*	*	*	*	*	*
C18:0	1,47	6	4,09	3,7	2,41	3,36	2,16	4	4,4
C18:1	83,16	44	77,34	60,5	0,17	81,5	30,8	57,1	23,1
C18:2	1,13	12	12,06	19,5	11,82	6,85	52,9	7,3	52,9
C18:3	0,09	0,5	0,76	6,7		0,82	*	*	*
C20:0	0,66	1	0,46	*	0,81	0,64	*	*	*
C20:1	0,45	*	0,33	*	*	0,29	*	*	*
C22:0	0,07	*	0,14	*	*	1,03	*	*	*
C24:0	0,11	*	0,18	*	*	0,49	*	*	*

Fonte: ¹Serra et al., 2019; ¹Freitas et al., 2017; ¹Speranza et al., 2016; ¹Santos et al., 2017; ²Feitosa et al., 2019; ³Inmetro, 2015; ⁴Naderi et al., 2018; ⁵Ozcan & Chalchat, 2007; ⁶Santos et al., 2017; ⁷Guneser et al., 2017; ⁸Torres et al., 2018; ⁹Shagholian et al., 2019.

2.3 APLICABILIDADE DO ÓLEO DE BURITI NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A utilização de óleos na alimentação animal tem apresentado diversas vantagens, como enriquecer energeticamente a dieta, reduzir o pó, aumentar a palatabilidade, absorver vitaminas lipossolúveis, bem como, servir como fonte de ácidos graxos (PUPA, 2004). Dentre os óleos vegetais utilizados destacam-se o de soja (LANA et al., 2005), linhaça (ROSA, 2014), canola (ULIANA et al., 2001), coco (VERAS, 2017), milho (RIBEIRO et al., 2008), licuri (JESUS et al., 2010), copaíba (OLIVEIRA et al., 2018), entre outros.

Devido os óleos vegetais constituírem perfil de ácidos graxos essenciais, sua utilização se sobressai em relação a gordura animal. No entanto, pouco se sabe sobre a inclusão de óleos amazônicos na dieta dos animais.

Dos frutos amazônicos, o buriti apresenta forte viabilidade ecológica e econômica (SOUZA e VIANA, 2018), mas pouco se conhece sobre seu valor nutricional na alimentação animal, pois sua maior utilização é focada na indústria cosmética (ZANATTA et al., 2010). No entanto, as propriedades nutricionais (FERREIRA et al., 2017; SPERANZA et al., 2016), físico-químicas (ALVES, 2015; CASTRO et al., 2014) do buriti torna possível sua aplicabilidade na dieta de várias espécies. Diante disso, pesquisadores empenhados em utilizar óleos funcionais na nutrição animal, têm utilizado o óleo de buriti como alternativa aos óleos vegetais convencionais.

Em estudo realizado com cordeiros mestiços Dorper X Santa Inês confinados, recebendo dietas contendo óleo de buriti e óleo de babaçu, na proporção de 4% na matéria-seca, Anjos et al. (2018) observaram elevado consumo de extrato etéreo em dietas contendo óleo de buriti, pelo fato de apresentar em sua composição baixa concentração de ácido láurico (12:0), mostrando que o óleo de buriti apresenta características organolépticas favoráveis para a aceitabilidade e palatabilidade dos ovinos.

Seguindo a linha de pequenos ruminantes, Lima et al. (2018) recomendam a inclusão de até 4,5% de óleo de buriti em substituição ao milho moído em dietas de cabras lactantes, já que a inclusão de mais de 7% de óleo na dieta de ruminantes pode inferir negativamente na fermentação ruminal. Já em frangos de corte, a inclusão de 0,45% de óleo de buriti na dieta melhorou o desempenho dos animais sem a utilização de antibióticos (CARVALHO, 2019). Esse fato pode ser comprovado por Batista et al. (2012), ao constatarem que o óleo de buriti apresenta ação antibacteriana de amplo espectro. Pode ser também incluído na dieta de frangos de corte de 14 a 28 dias sem prejudicar a qualidade da carne (MESQUITA, 2017).

Quanto utilizado blend de óleo de buriti e murumuru esterificados em jundiá *Rhamdia quelen*, Speroni (2015), constatou melhora no crescimento dos peixes além de enriquecimento no perfil de ácidos graxos no filé. A suplementação do blend de óleos amazônicos também proporcionou a diminuição da formação de oxidação lipídica em filés congelados de 3 a 6 meses, além de prevenir a mudança de cor dos filés.

Na literatura foram encontrados apenas dois trabalhos utilizando óleo de buriti na alimentação de peixes, embora outros óleos tenham sido utilizados nas dietas. Tortensen et al. (2000) utilizaram óleo de palma e girassol na dieta do salmão do atlântico *Salmo salar*.

Losekann et al. (2008) adicionaram óleo de arroz, canola e soja na alimentação de jundiá *Rhamdia quelen* e Azevedo et al. (2013) incluíram óleo de dendê na dieta de juvenis de tilápia *Oreochromis niloticus*. Desse modo, a inclusão de óleo de buriti na dieta de peixes pode ser tornar opção viável devido ao fruto deter características nutricionais importantes, podendo ser explorado quanto ao desempenho dos animais, quanto a aceitabilidade por parte dos consumidores e bem como a pigmentação do filé.

2.4 UTILIZAÇÃO DO BURITI NA INDÚSTRIA

A palmeira do buriti por ser muito versátil, pode disponibilizar subprodutos que atuam desde a indústria alimentícia, quanto farmacêutica (ZANATTA, 2008), cosmética (ZANATTA et al., 2010) e têxtil (CATTANI E BARUQUE, 2016). Por conta disso, os buritizais apresentam grande importância econômica e ecológica para as tribos indígenas que utilizam seus subprodutos como alimento, abrigo e matéria-prima, seja para artesanatos e construções, bem como, fonte de subsistência em sua área de ocorrência (VIRAPONGSE, 2017a,b).

Nesse cenário, a indústria vem explorando a palmeira e direcionando seus subprodutos de forma sustentável e aplicável. Do óleo, é possível produzir biodiesel (LIMA et al., 2017), da fibra, compósitos biodegradáveis (BRAMBILLA et al., 2017), do pecíolo, embalagem biodegradável (SOUSA, 2016), do extrato de buriti, controle de biofilme bacteriano (SILVA, 2018), bem como efeito foto protetor contra irradiação UVA e UVB (ZANATTA et al., 2010) e aplicações cosméticas e dermatológicas (ZANATTA, 2008), entre outros.

Uma potencialidade tecnológica atribuída fortemente ao buriti deve-se ao seu alto teor de carotenoides, o que faz do fruto excelente fonte para a obtenção da tinta ecológica (SILVA, 2013), pois atualmente o mercado consumidor vem exigindo a utilização de produtos isentos de substâncias químicas. De acordo com Islam & Mohammad (2015), a aplicação de corantes sintéticos nos tecidos pode causar efeitos nocivos à saúde, resultando em respostas alérgicas, infecção e transmissão de doenças, vulnerabilidade a ataques microbianos, bem como a degradação da cor e odores ofensivos. Deste modo, a aplicação de pigmentos naturais assume papel importante na indústria têxtil, pois é possível alcançar resultados promissores devido as suas multifuncionalidades potenciais com destaque as atividades antimicrobianas (SELVAM et al., 2015), desodorizadoras (LEE et al., 2015) e proteção UV (ZHOU & TANG, 2016).

Frutos amazônicos também contribuem para a indústria têxtil, visando a pigmentação não só de tecidos (RODRIGUES e ARAÚJO, 2013), bem como, a pigmentação do couro de peixe (MELO, 2007). Abreu (2010) utilizou casca da palmeira do buriti para a obtenção de tintura. O tingimento com açaí, andiroba, jenipapo, urucum, mamorana e verônica em tecido demonstrou sua eficácia de coloração sustentável (RODRIGUES e ARAÚJO, 2013). Já Renhe (2008) utilizou jenipapo para a obtenção de corante azul.

Dessa forma, os corantes naturais podem ser utilizados sem prejuízos para a indústria têxtil agregando valor ao produto a partir da flora nativa, afim de valorizar a biodiversidade brasileira (SILVA et al., 2017).

2.5 PRODUÇÃO DE TRUTA SALMONADA

A introdução de fontes de carotenoides nas rações para os salmonídeos foi o primeiro passo para a produção de um filé que se assemelhasse ao pescado oriundo da natureza. Trutas e salmões apresentam carne de cor branca e não possuem capacidade de sintetizar os pigmentos responsáveis pela coloração avermelhada no filé (HATA & HATA, 1973; STOREBAKKEN & NO, 1992). No entanto, transferem os carotenoides dos alimentos para os tecidos, o que possibilita o uso de fontes alternativas de pigmentos naturais em rações para o processo de salmonização.

Em salmões selvagens, a astaxantina é o principal carotenoide responsável pela pigmentação do filé, e os peixes adquirem essa coloração através de crustáceos, já em salmão de cativeiro, a astaxantina sintética é o pigmento mais utilizado para conferir cor rosa ao filé (TORRISSEN, 1989).

Vários trabalhos voltados a inclusão de astaxantina, visando pigmentar o filé de salmonídeos, têm sido reportados por pioneiros da área (TORRISSEN, 1985; TORRISSEN, 1989; NO & STOREBAKKEN, 1991), até os dias atuais (YOUNG et al., 2017a e b; LERFALL et al., 2016; BROWN et al., 2016; JARA, 2015; TEJERA et al., 2007), demonstrando sua eficácia.

Contudo, a preocupação dos consumidores com a segurança dos corantes alimentícios artificiais, têm estimulado a sua substituição por pigmentos naturais por conta dos possíveis benefícios promotores de saúde (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016). Segundo Rodriguez-Amaya et al. (2008), a utilização de pigmentos naturais em substituição aos sintéticos, pode ser uma alternativa viável para atingir a coloração desejada no filé de salmonídeos. Isso pode ser possível, pois o Brasil oferece uma variedade extraordinária de

pigmentos naturais fazendo deste País um dos mais ricos do mundo em recursos de pigmento natural, merecendo, portanto, esforços para melhorar sua utilização.

Segundo Rocha & Reed (2014), a utilização de pigmentos naturais voltados a pigmentação de peixes, podem substituir de maneira segura os corantes sintéticos. Partindo deste pressuposto, o uso de pigmentos naturais não se limita apenas a pigmentação do filé de salmonídeos, mas permite conferir também a coloração da pele (FRIES et al., 2014), além de, inferir positivamente no desempenho produtivo e características organolépticas do filé (SAFARI & ATASHI, 2015).

Essas características são importantes para as trutas, pois a criação dessa espécie ocorre normalmente em sistema intensivo de criação, consequentemente com alta densidade, gerando situação de estresse. Ou seja, a adição de carotenoides não apenas levará a produção de um filé diferenciado, mas também poderá promover a saúde dos peixes via alimentação balanceada e saudável.

A utilização de produtos naturais na criação, mais especificamente na salmonização da truta, é uma característica desejável, pois facilita a entrada do produto em alguns nichos de mercados, como o de produção orgânica e de produtos certificados, que tem crescido nos últimos anos (PULCINI et al., 2012; TUSCHE et al., 2012; MADSEN et al., 2014; SAFARI & ATASHI, 2013). Dessa forma, o uso de ingredientes substitutos aos carotenoides sintéticos pode ser uma alternativa no processo de salmonização da truta arco-íris.

Os principais pigmentos naturais sustentáveis utilizados na salmonicultura são as microalgas (CEZARE-GOMES et al., 2019; YOUNG et al., 2017; ARAÚJO et al., 2016) e os micro-organismos marinhos (MUSSAGY et al., 2019; VIEIRA et al., 2018), bem como, pimentão (YANAR et al., 2016; LA MORA et al., 2006), pálpula (AGIUS et al., 2001) e urucum (SAFARI e ATASHI, 2015).

Não só a pigmentação da musculatura, mas também a pigmentação da pele dos peixes vem sendo investigada por vários pesquisadores. Em peixes ornamentais a inclusão de 15% da farinha de beterraba aumentou significativamente, não só a coloração da pele, como também, o crescimento e ganho de peso (SING & KUMAR, 2016). Fries et al. (2014) testaram o urucum como agente pigmentante da pele e do músculo, e como promotor no desempenho produtivo de kinguio durante 96 dias de cultivo. Os autores sugerem a inclusão de 1% a 4% de urucum para a pigmentação da pele.

De fato, os pigmentos naturais de origem vegetal são abundantes, facilmente extraíveis, caracterizados como material seguro sem apresentar ameaça ao meio ambiente,

podendo oferecer pigmentos carotenoicos, flavonóicos, antociânicos e clorofílico através de suas folhas, raízes, cascas e pétalas de flores (RICHHARIYA et al., 2017). Na Amazônia existe uma infinidade de frutos ricos em carotenoides com elevado potencial e viabilidade econômica. Dentro destas espécies, os frutos provenientes dos buritizais apresentam importância para a região, porém, sua utilização baseia-se na economia local e na alimentação de animais silvestres.

Sua utilização visando a pigmentação de trutas nunca foi estudada, não havendo, portanto, dados na literatura capazes de informar sua viabilidade na pigmentação do filé dos salmonídeos. A utilização do fruto visando a produção de truta salmonada neste estudo é um desafio, pois o único incentivo a sua inclusão na dieta é devido ao seu alto teor de β -caroteno.

3- CAPÍTULO I

ÓLEO DE BURITI INCORPORADO MANUALMENTE EM RAÇÃO COMERCIAL EXTRUSADA PARA TRUTA ARCO-ÍRIS

HIGHLIGHTS

- Pequenos produtores podem incorporar manualmente uma fonte oleaginosa na ração extrusada de peixes.
- O óleo de buriti apresenta elevada retenção lipídica pelos grãos de ração.
- Níveis de até 5% de óleo de buriti na ração extrusada garantem a flutuabilidade e baixa taxa de lixiviação.
- A inclusão de 7% do óleo de buriti não influencia a taxa de lixiviação da ração.

3.1 RESUMO

Os salmonídeos requerem maior quantidade de lipídios na dieta, porém níveis elevados interferem na expansão do amido durante a extrusão, implicando em menor flutuabilidade. Como alternativa, pode-se proceder a incorporação manual de óleo na ração comercial extrusada. Este trabalho avaliou a incorporação manual do óleo de buriti em ração extrusada, determinando sua capacidade de absorção do óleo, bem como os parâmetros de lixiviação e flutuabilidade dos grãos de ração. Diferentes níveis de inclusão (0, 3%, 5% e 7%) de óleo de buriti foram testados após serem submetidos por 2, 5, 10 e 30 minutos de flutuação em água. Como controle, os mesmos procedimentos foram realizados utilizando óleo de soja comercial. Os dados foram submetidos a ANOVA e teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Para retenção lipídica nos grãos de ração, houve diferenças entre os diferentes níveis de inclusão de óleo de buriti. A dieta contendo 3% e 5% de óleo de buriti apresentaram maiores taxas de retenção lipídica em relação a 7%. Não houve diferença na flutuabilidade para os intervalos de flutuação; no entanto, o nível de 7% de inclusão de óleo de buriti apresentou menor flutuabilidade (97,76%) comparado ao controle (99,58%). Maior lixiviação foi verificada no tempo de 30 minutos (6,45%), em relação ao tempo de dois minutos, porém não houve diferença em relação aos níveis de inclusão. Conclui-se que é possível a inclusão manual de níveis até 5% de óleo de buriti na ração extrusada comercial para truta arco-íris, garantindo retenção lipídica e flutuabilidade dos grãos de ração.

Palavras-chave: *Mauritia flexuosa*, Incorporação de óleo; retenção do óleo na ração; flutuabilidade.

3.2 ABSTRACT

Salmonids require higher amounts of dietary lipids, but high levels of lipids interfere with starch expansion during extrusion, resulting in less buoyancy. Alternatively, oil may be incorporated manually into the extruded commercial feed. This study evaluated the manual incorporation of buriti oil in extruded feed, determining its oil absorption capacity, as well as the leaching and buoyancy parameters of the pellets. Different inclusion levels (0, 3%, 5% and 7%) of buriti oil were evaluated after 2, 5, 10 or 30 minutes of submission to water immersion. As a control, the same procedure was performed using commercial soybean oil. Data were submitted to ANOVA and Tukey test ($P \leq 0.05$). For lipid retention in pellets, there were differences between the different inclusion levels. The diet containing 3% and 5% oil showed higher lipid retention rates compared to 7%. There was no difference in buoyancy for the immersion intervals. However, the 7% inclusion level presented lower buoyancy (97.76%) compared to the control (99.58%); 3% (99.27) and 5% (98.64%). Higher leaching was verified within 30 minutes (6.45%), compared to the other evaluated times, but there was no difference regarding the inclusion levels. We concluded that it is possible to manually include levels of up to 5% of buriti oil in a commercial extruded rainbow trout feed, ensuring lipid retention and pellet buoyancy.

KEY-WORDS - *Mauritia flexuosa*, oil incorporation; lipid retention; buoyancy.

3.3 INTRODUÇÃO

As fontes lipídicas têm grande importância na dieta dos peixes, por exercerem ampla funcionalidade, seja como fonte de energia e ácidos graxos essenciais, ou pelo aumento da aparência e palatabilidade (PUPA, 2004). A inclusão deste ingrediente na ração é realizada durante o processo de extrusão, sendo aceitos níveis de inclusão entre 6% a 8% para evitar alterações físico-químicas e organolépticas dos lipídios. No entanto, os salmonídeos requerem elevadas quantidades de lipídios na dieta, podendo chegar até 40% de nível de inclusão (OLSEN et al., 2005), sendo que níveis acima do recomendado podem interferir na capacidade de expansão do amido durante a extrusão, implicando em menor flutuabilidade dos grãos de ração (MORO & RODRIGUES, 2015).

Como alternativa, pode-se adotar outro mecanismo de incorporação de óleo na ração destes peixes, como a inclusão manual. Este método torna a atividade viável e econômica para pequenos produtores, pois apresenta baixo custo e reduzido investimento com mão-de-obra especializada (DAIRIKI et al., 2013). Além disso, o banho de óleo após a extrusão contribui para melhorar a aparência dos grãos de ração e diminuir a quantidade de finos na ração (MOREIRA et al., 2015).

Além do método adotado para a inclusão do óleo, é imprescindível o conhecimento das propriedades físico-químicas dos ingredientes da dieta, pois os mesmos acabam por interferir na durabilidade dos grãos de ração, influenciando os parâmetros de flutuabilidade, absorção e solubilidade (THOMAS & VAN DER POEL, 1996). Deste modo, a fonte lipídica vegetal deve ser escolhida criteriosamente, pois, além de apresentar composição nutricional suficiente para atender as exigências dos peixes, devem garantir também a integridade dos grãos de ração, já que apresentam função estrutural (BOSCOLO et al., 2011).

Uma alternativa interessante a ser testada é a utilização do óleo de buriti. Este óleo especial destaca-se por apresentar em sua constituição lipídios biologicamente ativos, como ácidos graxos essenciais (linoleico e linolênico), monoinsaturados e tocoferóis (PIMENTEL et al., 2012), podendo substituir o azeite de oliva, óleo de canola, milho e soja (SERRA et al., 2019; NADERI et al., 2018; GÜNESER et al., 2017; SPERANZA et al., 2016; INMETRO, 2015). O fruto também apresenta elevada biodisponibilidade de vitamina A (YUYAMA et al., 1998). Este potencial pró-vitamínico é resultado dos altos teores de β -caroteno, tornando o óleo uma das maiores fontes provitamina A encontrada no reino vegetal (OLIVEIRA, 2011).

Sendo assim, o presente estudo avaliou a adição do óleo de buriti em ração extrusada comercial para truta arco-íris, determinando a sua absorção, flutuabilidade e lixiviação na ração, testando-se diferentes níveis de inclusão e tempos de flutuação.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Local e Procedimento experimental

O estudo foi conduzido no Laboratório de Piscicultura - LAPIS, Centro de Ciências Agro veterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages - SC. Para avaliar a eficiência da incorporação manual de óleo de buriti em ração comercial extrusada, quantificou-se a retenção do óleo nos grãos de ração (R), flutuabilidade (F) e lixiviação (L). Como tratamento controle negativo as avaliações foram realizadas com ausência de óleo e como controle positivo foram realizadas com óleo de soja. Para a obtenção dos parâmetros de R, F e L foram adotados quatro níveis de inclusão (0, 3, 5 e 7%) do óleo de buriti e do óleo de soja submetidos a quatro tempos de flutuação em água (5, 10, 20 e 30 minutos).

No experimento, utilizou-se ração comercial extrusada, com granulometria de 8 mm, adquirida no mercado local. O óleo de buriti foi adquirido da empresa Amazon Oil, localizado em Ananindeua – PA e o óleo de soja adquirido no mercado local.

Método de inclusão manual do óleo

Para a inclusão do óleo foram utilizados sacos plásticos transparentes, bêquer e balança analítica. Os procedimentos adotados buscaram a máxima incorporação do óleo aos grãos de ração. Inicialmente foi acondicionado um saco plástico transparente dentro de um bêquer com capacidade de 1000 mL, de forma a revestir-lo internamente. Em seguida, foram depositadas 350 gramas de ração no interior do saco plástico. Após a pesagem do óleo, o mesmo foi colocado lentamente sobre os grãos de ração. Em seguida o saco foi inflado e amarrado e, então agitado manualmente por 10 minutos.

Teste para retenção de óleo, flutuabilidade e lixiviação

Para calcular a taxa de retenção de óleo incorporado aos grãos de ração, foi descontado o peso do saco plástico antes da incorporação de óleo, em seguida foram pesados após os 10 minutos de agitação, sendo subtraído o peso dos grãos de ração obtido antes da inclusão do óleo.

Para o teste de flutuabilidade, foram utilizados cinco gramas de grãos de ração de cada grupo experimental. Os grãos de ração foram colocados em bêquer de 1000 mL contendo água em temperatura ambiente e submetidos a diferentes tempos de flutuação (5, 10, 20 e 30 minutos). Após este período, os grãos de ração que flutuaram foram retirados com o auxílio de uma peneira e acondicionados separadamente daqueles que afundaram em copos plásticos descartáveis de 80 mL. Em seguida os grãos de ração foram contados e pesados.

Teste para lixiviação

A metodologia para a determinação da lixiviação foi adaptada de Hashim e Saat (1992) e foi realizado em continuidade ao teste de flutuabilidade. Após acondicionados em copos descartáveis, os grãos de ração foram secos em estufa a 45 °C, por 24 horas. Por diferença de peso entre as quantidades de matéria seca, foi calculada a lixiviação das dietas.

Análise estatística

Para o teste de retenção de óleo utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em três tratamentos (3%, 5% e 7% de óleo de buriti e óleo de soja) e quatro repetições.

Nas análises dos testes de flutuabilidade e lixiviação, empregou-se delineamento inteiramente casualizado, para cada fonte de óleo, em esquema fatorial (4 x 4) com 4 níveis de inclusão de óleo de buriti e óleo de soja (0, 3, 5 e 7%) e 4 tempos de flutuação (2, 5, 10 e 30 minutos), sendo realizadas 6 repetições. Quando observada diferença significativa, foi aplicado o teste de Tukey, com nível de significância de 5%. As análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SAS.

3.5 RESULTADOS

Os valores da taxa de retenção de óleo de buriti e óleo de soja na ração demonstraram que as (Tabela 1.).

Dentre os níveis de inclusão do óleo de buriti, o tratamento correspondente a 3% apresentou valor significativamente superior (99,78) ao observado no tratamento contendo 7% (99,56). O nível de inclusão de 5% foi intermediário, não diferindo em relação aos níveis de 3% e 7%.

O óleo de soja apresentou maior taxa de retenção lipídica com o nível de inclusão de 3% (99,76) que não diferiu significativamente da retenção observada com o nível de inclusão de 5%. Todavia, o nível de inclusão de 7% de óleo de soja produziu a menor taxa de retenção (Tabela 1)

Tabela 1. Taxa de retenção de óleo de buriti e óleo de soja em ração comercial extrusada para peixes, submetidos a diferentes níveis de incorporação.

Óleo de Buriti	Óleo de Buriti (%)	Óleo de Soja (%)
3 %	99,78 ± 0,03 ^a	99,76 ± 0,04 ^a
5 %	99,66 ± 0,10 ^{ab}	99,72 ± 0,04 ^a
7 %	99,56 ± 0,08 ^b	99,63 ± 0,05 ^b

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Na avaliação da flutuabilidade, verificou-se valor superior no tratamento sem inclusão do óleo de buriti (99,58%) e que diferiu estatisticamente apenas em relação ao nível de 7% de inclusão (97,76%). Não houve diferença estatística para a flutuabilidade nos tempos de flutuação. Entre os tratamentos com inclusão do óleo de buriti não foi observado diferença estatística na lixiviação entre os níveis de 3 a 7% (Tabela 2).

Para a lixiviação não houve diferença estatística entre os níveis de inclusão do óleo de buriti, porém houve diferença estatística entre os tempos de flutuação. A flutuação dos grãos de ração em água durante 2 minutos apresentou menor lixiviação (4,68), não diferindo do tempo de flutuação de 5 minutos e sendo superior aos tempos de 10 e 30 minutos (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de lixiviação e flutuabilidade de grãos de ração de ração submetidos a diferentes níveis de inclusão de óleo de buriti (0%, 3%, 5% e 7%) e diferentes tempos de flutuação.

Tratamentos	Lixiviação (%)	Flutuabilidade (%)
Controle	5,38	99,58 ^a
3%	5,83	99,27 ^{ab}
5%	5,53	99,64 ^{ab}
7%	5,32	97,76 ^b
2 minutos	4,68 ^c	99,81
5 minutos	5,14 ^c	98,98
10 minutos	5,79 ^b	98,54
30 minutos	6,45 ^a	98,83

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P<0,05$).

Já nos grãos de ração que foram incorporados óleo de soja, foi verificada interação ($P<0,05$) entre lixiviação e os níveis e tempos de flutuação. O tratamento contendo 7% de inclusão apresentou menor lixiviação no tempo de 2 minutos, enquanto nos tempos 5, 10 e 30 minutos, não foram observadas diferenças entre os níveis de inclusão do óleo.

Ao se avaliar o nível de óleo de soja nos tempos de flutuação, os tratamentos com 0 e 3% apresentaram menor taxa de lixiviação até 10 minutos. (Figura 1.).

Quanto a flutuabilidade dos grãos de ração submetidos aos níveis de inclusão do óleo de soja, verificou-se que níveis de 3% (99,84) e 5% (99,81) de inclusão não alteraram a flutuabilidade em relação ao controle (99,84). Já o nível de inclusão de 7% determinou uma redução da flutuabilidade (98,52).

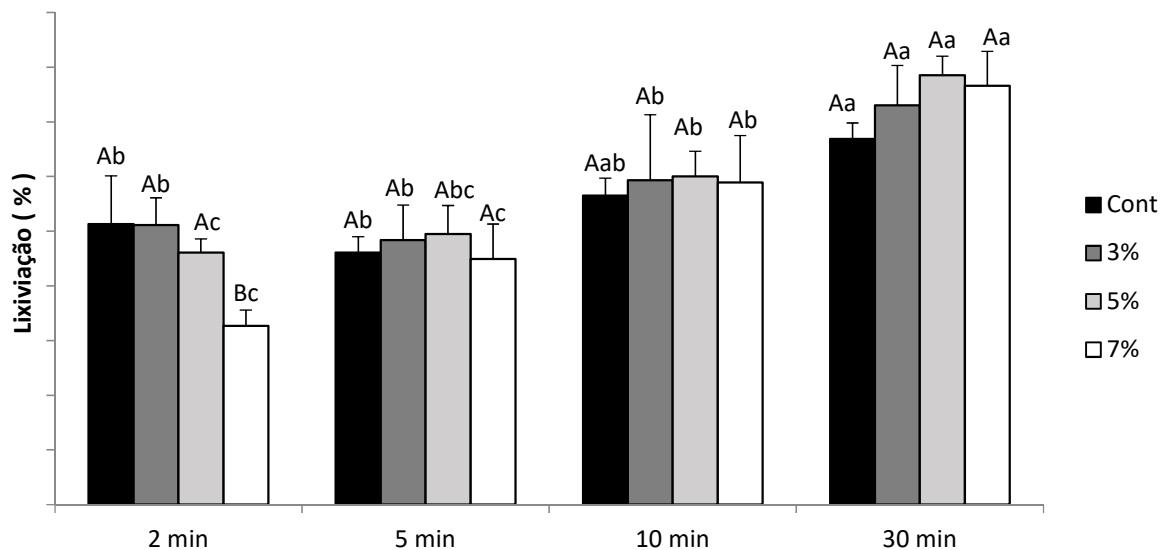


Figura 1. Interação das médias de lixiviação das rações com diferentes níveis de incorporação de óleo de soja em diferentes tempos de flutuação em água (T). Barras com letras maiúsculas diferentes comparam os níveis de incorporação de óleo dentro do tempo de flutuação na água. Letras minúsculas nas barras comparam cada tratamento nos diferentes tempos de flutuação ($P<0,05$).

3.6 DISCUSSÃO

A homogeneização da fonte lipídica na ração dos peixes deve ocorrer de maneira adequada, para o sucesso e eficiência do processo de confecção da dieta. Entretanto, o alto custo com a elaboração da ração extrusada acaba levando o produtor a adotar métodos alternativos de incorporação de óleo nas rações (DAIRIKI et al., 2013). Com isso é possível aumentar os níveis de lipídios na ração para atender à exigência de algumas espécies de peixes, em particular os salmonídeos, que exige de 25% a 35% do ingrediente na formulação dietética (BOUVIER e BRISSET, 2006). No entanto, a inclusão de níveis maiores que 8% durante o processo de extrusão acaba interferindo a capacidade de expansão dos grãos de ração e gelatinização do amido, que estão associados a durabilidade dos grânulos (MORO E RODRIGUES, 2015; THOMAS et al., 1998).

Silva (2014) ao avaliar dois métodos de inclusão de óleo na ração de peixes, o *top coating* e *vacuum coating*, observou que a inclusão a vácuo (*vacuum coating*) apresentou maior eficiência de incorporação de óleo nos grãos de ração. Estes resultados confirmaram a eficácia deste método, que já foi previamente empregado por Jovanovic et al. (2009) na alimentação de trutas e carpas. Segundo Bouvier & Brisset (2006), o sistema de recobrimento dos grãos de ração a vácuo favorece a inclusão de até 40% de lipídios na alimentação dos salmonídeos.

Embora a tecnologia de inclusão de óleo utilizado neste estudo tenha sido o *top coating*, inferior ao *vacum coating*, foi possível obter elevada taxa de retenção com 99,78% e 99,76% para o óleo de buriti e óleo de soja, respectivamente, tornando exequível a utilização do método, permitindo uma distribuição uniforme do óleo em todo o grânulo, o que pode auxiliar o pequeno produtor a incluir diferentes fontes lipídicas na ração. Este resultado encontra apoio em estudos realizados por Moreira et al., (2015); Silva (2014) e Viola et al. (1982), em que o emprego do banho de cobertura dos grãos de ração proporcionaram melhora em sua qualidade física.

Diversos estudos têm apontado diferentes fontes lipídicas na alimentação de peixes, sendo o óleo de soja, milho, girassol, linhaça, canola e arroz, os mais estudados (ADORIAN et al., 2017; MARTINO et al. 2002; MELO et al. 2002; LOSEKANN et al. 2008). Entretanto, não são encontrados na literatura a utilização do óleo de buriti na alimentação animal, especificamente na dieta de peixes. Em busca de informações a respeito desta fonte lipídica, foi utilizado neste experimento o óleo de buriti, o qual apresenta em sua constituição lipídios biologicamente ativos como ácidos graxos essenciais (oleico, linoleico e linolênico), monoinsaturados e tocoferóis (PIMENTEL et al., 2012). Assim, o óleo de buriti é considerado um potencial candidato a ser empregado na alimentação de peixes, especialmente de salmonídeos, já que também é rico em carotenoides, justificando-se o entendimento do comportamento do óleo de buriti quando incorporado na ração de peixes.

Quando se adiciona manualmente algum ingrediente aos grãos de ração, isto pode interferir em suas características físicas. Constatou-se que a inclusão de até 5% de óleo de buriti resultou em maior permanência dos grãos de ração sobre a superfície da água.

A forma física dos grãos de ração da ração utilizada neste estudo, certamente influenciou os parâmetros obtidos, sugerindo que para a inclusão manual de óleo, seja utilizado ração extrusada para a otimização dos resultados. SORENSEN et al., (2009) ressaltaram a importância em utilizar ração extrusada no cultivo de peixes no intuito de potencializar as propriedades físicas dos grãos de ração, tais como a capacidade de retenção de óleo, flutuabilidade e dureza.

Tanto o óleo de buriti como o óleo de soja tiveram um comportamento semelhante em relação a flutuabilidade, sendo que os níveis de inclusão de até 5% não influenciaram a flutuabilidade dos grãos de ração, sendo adequados para o emprego na ração de trutas.

A adição de óleo vegetal a dieta dos peixes acaba também por adquirir função impermeabilizante aos grânulos de ração. Silva et al. (2015) adicionaram óleo de soja em

dietas, resultando em uma elevada taxa de flutuabilidade dos grãos de ração na superfície da água permitindo que mais alimentos sejam consumidos sem comprometer a qualidade da água dos tanques de produção.

Os resultados de flutuabilidade encontrados neste estudo foram satisfatórios, pois independente dos níveis de óleo adicionados à dieta, foi possível obter elevada taxa de grãos de ração na superfície da água atingindo mais de 90% de estabilidade, sendo que o tempo de exposição na água não influenciou este parâmetro. Pezzato et al. (1997), ao testarem diferentes banhos-cobertura nos grãos de ração, observaram maior flutuabilidade quando foi adicionado óleo, em comparação ao amido e gelatina.

Na aquicultura, quanto menor a lixiviação de nutrientes da ração, maior será o aproveitamento do alimento pelos animais e menor a poluição do meio aquático (MUZZOLON et al. 2015). Cantelmo et al. (2002) sugeriram tempo mínimo de 5 minutos de flutuação dos grãos de ração sob a superfície da água para que os peixes possam ter tempo suficiente de localizar o alimento e consumi-lo. Neste experimento, a lixiviação dos grãos de ração foi diretamente influenciada pelo tempo de exposição na água, sendo que as dietas contendo óleo de buriti foram estáveis por até 5 minutos.

O nível de inclusão não influenciou na lixiviação das dietas contendo óleo de buriti, entretanto, influenciou diretamente nas dietas contendo óleo de soja, ocorrendo interação entre tempo e nível de inclusão, com maiores taxas de lixiviação para dietas com maiores níveis de inclusão e maior tempo de contato com a água.

3.7 CONCLUSÕES

É possível a inclusão manual de níveis até 5% de óleo de buriti na ração extrusada comercial para truta arco-íris, garantindo boa flutuabilidade e baixa taxa de lixiviação.

Diferente do óleo de soja que proporcionou aumento na taxa de lixiviação com maiores níveis de inclusão, os níveis de inclusão do óleo de buriti até 7%, não influencia a taxa de lixiviação da ração.

3.8 REFERÊNCIAS

- ADORIAN, T. J., et al. Utilização de óleos vegetais em dietas para juvenis de piava (*Leporinus obtusidens*). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.2, 2017.
- BOSCOLO, W. R., et al. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, 2011.
- BOUVIER, J. M., BRISSET, A. Aquafeed twin screw extrusion processing. Asian Aquafeeds: Current Developments in the Aquaculture Feed Industry. **Malaysian Fisheries Society Occasional Publication**, no. 13, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 76-104, 2006.
- CANTELMO, O. A.; et al. Características físicas de dietas para peixes confeccionadas com diferentes aglutinantes. **Acta Scientiarum**. Maringá, 2002. p. 949-955.
- DAIRIKI, J. K.; et al. **Procedimento para inclusão de óleos essenciais em rações para peixes**. Manaus, 2013. (Embrapa Amazônia Ocidental - Circular Técnica).
- GÜNEŞER, B. A., et al. Cold pressed versus refined winterized corn oils: quality, composition and aroma. **Grasas y Aceites**, v.68, n.2, pag.e194, 2017.
- HASHIM, R., SAAT, M.A.M. The utilization of seaweed meals as binding agents in pelleted feeds for snakehead (*Channa striatus*) fry and their effects on growth. **Aquaculture**, 108, 299-308, 1992.
- INMETRO: Programa de análise de produtos. Relatório de análises de azeite de oliva. Inmetro, 2015. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/azeite-de-oliva-extravirgem.pdf>.
- JOVANOVIC, R., et al. . New technologies and quality of trout and carp aquafeed. **Arch. Zootech.** 12, 18–26, 2009.
- LOSEKANN, M. E., et al. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. **Ciência Rural**, v.38, n.1, pag. 225-230, 2008.
- MARTINO, R.C. et al. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v.209, p.233-246, 2002.

MELO, J.F.B. et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.323-327, 2002.

MORO, G. V., RODRIGUES, A. P. O. Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento. **Embrapa Pesca e Aquicultura**, Documentos 14, 2015. 32p. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1017676/1/SD14.pdf>. Acessado em: 07/04/2016.

MOREIRA, P. O., et al. Óleo de soja utilizado pré e pós-processamento de rações para tilápia do Nilo. **Boletim Instituto de Pesca**, v.41, n.3, 2015.

MUZZOLON, A., et al. Influência de diferentes tipos e proporções de aglutinantes nutritivos na estabilidade física de rações orgânicas peletizada para peixes. **Anais...** In: V Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão – SEPE e V Jornada de Iniciação Científica. 2014. Chapecó, 2015. v. 5.

NADERI, M., et al. The impact of saturated monoacylglycerols on the oxidative stability of Canola oil under various time/temperature conditions. **Grasas Y Aceites**, v.69, n.3, pag.e267, 2018.

OLSEN, R. E., et al. Effect of lipid source and bile salts in diet of Atlantic Salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v.250, n.3-4, pag. 804-812, 2005.

OLIVEIRA, D. L. Viabilidade econômica de algumas espécies medicinais nativas do cerrado. **Estudos**, v.38, n.2, pag. 301-332, 2011.

PEZZATO, L. E., et al. Estabilidade física dos péletes protegidos por diferentes produtos impermeabilizantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 7, p. 731-737, 1997.

PIMENTEL, S. A., et al. Composição de ácidos graxos e tocoferóis em óleos especiais. **In...** II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. 2012. Universidade Federal de Lavras.

PUPA, Júlio Maria Ribeiro. Óleos e Gorduras na Alimentação de Aves e Suínos. Revista Eletrônica Nutrime, v.1, n.1, 2004.

SERRA, J. L., et al. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. **Food Research International**, v.116, pag. 12-19, 2019.

SILVA, J. N. P., et al. Hidroestabilidade física de rações para curimatã-pacu com a inclusão de farinha de folha de mandioca e impermeabilizantes. In... X Congresso Nordestino de Produção Animal. Teresina, 2015.

SILVA, J. M. **Avaliação de Dois Métodos para Inclusão de Óleos em Rações Semipurificadas para Peixes.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

SORENSEN, M., et al. Soybean meal improves the physical quality of extruded fish feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.149, 2009.

SPERANZA, P., et al. Amazonian Buriti oil: chemical characterization and antioxidant potential. **Grasas Y Aceites**, v.67, n.2, pag. e135, 2016.

THOMAS, M., VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. **Animal Feed Science Technology**, v.61, 1996.

THOMAS, M., et al. Physical quality of pelleted animal feed 3. Contribution of feedstuff components. **Animal Feed Science Technology**, v.70, 1998.

VIOLA, S., et al. The effects of oil-coated pellets on carp/*Cyprinus carpio* in intensive culture. **Aquaculture**, v.26, pag.49-65, 1982.

YUYAMA, L. K. O., YONEKURA, L. AGUIAR, J. P. L., SOUSA, R. F. S. Biodisponibilidade dos carotenoides do buriti (*Mauritia flexuosa L.*) em ratos. **Acta Amazonica**, v.28, n.4, 1998.

4- CAPÍTULO II

ÓLEO DE BURITI NA PIGMENTAÇÃO DO FILÉ DE TRUTA ARCO-ÍRIS

HIGHLIGHTS

- O óleo de buriti refinado proporcionou alta deposição (34,75 mg/kg) de carotenoides totais no filé de truta arco-íris.
- É possível incluir óleo de buriti manualmente aos grãos de ração.
- A astaxantina sintética associada ao óleo de buriti, possibilita elevada taxa de deposição (30,5 mg/Kg) de carotenoides totais no filé de truta arco-íris.
- O óleo de buriti na alimentação de trutas, possibilita um valor de carotenoides totais superior ao recomendado na literatura, para o processo de salmonificação.

4. 1 RESUMO

Foi realizado um estudo para avaliar os efeitos do óleo de buriti no desempenho produtivo, rendimento de carcaça, parâmetros hematológicos e deposição de carotenoides totais no músculo de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Uma dieta experimental foi formulada para conter diferentes níveis de carotenoides. O tratamento 1 era composto com 5% de óleo de soja (controle negativo); o tratamento 2 com 5% de óleo de buriti (contendo 40 mg/Kg de carotenoides totais); o tratamento 3 com 5% de óleo de buriti (contendo 40 mg/Kg de carotenoides totais) + 10 mg/Kg de astaxantina sintética; o tratamento 4 com 5% de óleo de soja + 50 mg/Kg de astaxantina sintética. Juvenis de truta arco-íris com peso médio inicial de 86,3g foram alimentadas até a saciedade aparente por 12 semanas. A inclusão do óleo de buriti não afetou significativamente ($P > 0,05$) a taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente e sobrevivência. Já o comprimento, peso e ganho de peso diferiram ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Os parâmetros hematológicos para glicose, hematócrito, proteína plasmática, colesterol e triglicerídeos não diferiram entre os tratamentos ($P > 0,05$). Não foi verificado diferença estatística ($P \geq 0,05$) para rendimento do peixe eviscerado, filé e índice hepatossomático em nenhum dos tratamentos. A concentração de carotenoides totais determinada por espectrofotometria mostrou diferença estatística ($P < 0,05$) entre os tratamentos. O tratamento contendo 5 % óleo de buriti (40 mg kg de carotenoides totais) + astaxantina sintética (10 mg kg) apresentou a maior deposição de carotenoides totais (34,75 mg kg) no músculo da truta arco-íris. Como conclusão, a inclusão de 5% de óleo de buriti + 10 mg kg de astaxantina sintética na dieta da truta arco-íris favorece a alta deposição de carotenoides totais no filé. Novos estudos são necessários para elucidar os mecanismos da pigmentação no músculo da truta arco-íris com a utilização do óleo de buriti.

PALAVRAS-CHAVE: truta salmonada, *Mauritia flexuosa*, óleo amazônico

4.2 ABSTRACT

A study was performed to evaluate the effects of buriti oil on yield performance, carcass yield, hematological parameters and total carotenoid deposition on rainbow trout muscle (*Oncorhynchus mykiss*). One isoproteic diet was formulated containing different levels of carotenoids. Tratament 1 consisted of 5% soybean oil (negative control); tratament 2 with 5% buriti oil (containing 40 mg / kg total carotenoids); tratament 3 with 5% buriti oil (containing 40 mg / kg total carotenoids + 10 mg / kg synthetic astaxanthin); tratament 4 with 5% soybean oil + 50 mg / kg synthetic astaxanthin. Juveniles of Rainbow trout with initial average weight of 86.3g were fed up to apparent satiety. The inclusion of buriti oil did not affected ($P>0.05$) specific growth rate, apparent feed conversion and survival. Length, weight and weight gain differed ($P<0.05$) among treatments. The hematological parameters: glucose, hematocrit, plasma protein, cholesterol and triglycerides showed no differences ($P>0.05$) among treatments. There was no statistical difference ($P>0.05$) for gutted fish yield, fillet and hepatosomal index in any of the experimental groups. The total carotenoid concentration determined by spectrophotometry showed difference ($P<0.05$) between treatments. The treatment containing 5% buriti oil (40 mg kg total carotenoids) + synthetic astaxanthin (10 mg kg) presented deposition of 34.75 mg kg total carotenoids in the rainbow trout muscle. In conclusion, the inclusion of 5% buriti oil + 10 mg / kg of synthetic astaxanthin in the rainbow trout diet favors the high total carotenoid deposition in the fillet. Further studies are necessary to elucidate the mechanisms of pigmentation in rainbow trout muscle using buriti oil.

KEY WORDS: Salmon trout, *Mauritia flexuosa*, amazon oil.

4.3 INTRODUÇÃO

A típica coloração alaranjada no filé de salmão selvagem se dá pela ingestão de alimentos ricos em carotenoides encontrados em algas, moluscos e crustáceos, sendo a astaxantina o principal carotenoide oriundo da ingestão de crustáceos (TORRISSEN, 1995; LATSCHA, 1990; CHOUBERT & BLANC 1985). A inclusão de carotenoides na dieta é necessária, pois os peixes não sintetizam carotenoides, apenas os transferem para os músculos, possibilitando a pigmentação do filé. A utilização de fontes alternativas de pigmentos naturais para o processo de salmonização da truta arco-íris foi o primeiro passo para a produção de um filé que se assemelhasse ao do pescado selvagem oriundo da natureza (TORRISSEN, 1995).

Para atender a indústria salmoneira, são adicionados corantes sintéticos na ração, sendo a astaxantina a mais utilizada por apresentar maior estabilidade, elevada pigmentação e padronização de cores (SIGURDSON et al., 2017). Embora os corantes sintéticos apresentem vantagens quando comparados aos naturais, o seu consumo excessivo pode representar riscos à saúde (SRIVASTAVA, 2015), com efeitos tóxicos e carcinogênicos para o homem (ATTOKARAM, 2017).

Assim, o consumo de alimentos contendo pigmentos naturais pode diminuir a incidência de doenças cancerígenas, cardiovasculares, oftalmológicas, imunológicas e de fotossensibilidade associada a exposição aos raios UV. Além disso, os pigmentos naturais também desempenham função antioxidante (LIRA et al., 2017), elevado fornecimento de vitaminas, minerais e compostos fenólicos (ZANFINI et al., 2017), o que justifica seu emprego.

Como parte significativa dos consumidores têm optado por alimentos saudáveis, enriquecidos com matéria-prima natural, a comunidade científica foi estimulada a buscar ingredientes alternativos, com boa relação custo-benefício, bem como fácil acesso e disponibilidade (FREITAS et al., 2017). A utilização de pigmentos naturais tem sido exitosa na pigmentação de salmonídeos, mas para que a substituição ocorra efetivamente, é importante que os corantes naturais tenham desempenho igual ou superior aos sintéticos, já que o fator cor é preponderante no momento da compra (MARTINS et al., 2016).

As plantas podem ser fonte de carotenoides em dietas, tanto humana, quanto animal e devem ser exploradas. Neste contexto, destacam-se os frutos amazônicos, que são pouco utilizados na dieta de peixes, no entanto possuem elevado potencial nutricional, sendo adequados para o desenvolvimento de dietas funcionais, que promovam a saúde dos peixes. Além disso, estes produtos naturais quando utilizados na alimentação de peixes não causam

problemas com resíduos na carcaça, nem danos à saúde e ao meio ambiente (BABA et al., 2016).

Dentre os alimentos funcionais, destacam-se os óleos vegetais que apresentam importantes propriedades biológicas. Vários estudos relataram que a utilização de óleos aumenta o desempenho e melhora a resposta imunológica dos peixes (SPERONI, 2015; AZEVEDO et al., 2013; LOSEKANN et al., 2008; TORTENSEN et al., 2000). Dentre os diferentes tipos de óleos vegetais, o óleo do buriti representa uma alternativa natural de carotenoides, já que o fruto é detentor da maior concentração de β -caroteno conhecida no reino vegetal (OLIVEIRA, 2011). Este óleo apresenta elevado valor nutricional devido a rica composição em ácidos graxos e compostos bioativos, bem como vitaminas, minerais e ácidos graxos das séries ômega 3, 6 e 9 (SANTOS et al., 2017), sendo considerado a “árvore da vida”, pois toda a planta pode ser aproveitada (SOARES et al., 2014). Além de sua capacidade pigmentante, o buriti também apresenta propriedades antimicrobianas (SILVEIRA et al., 2005), cicatrizantes (BATISTA et al., 2012), microbiológicas (AGUIAR E SOUZA, 2017) e antioxidante (SANTOS et al., 2016), fazendo do fruto, um alimento especial.

Mesmo a truta sendo considerada um peixe carnívoro, o óleo de peixe da sua dieta pode ser substituído em sua totalidade por óleo vegetal (WIJEKOON et al., 2014; YILDIZ et al., 2015; YILDIZ et al., 2018) sem prejudicar o desempenho produtivo da espécie. Segundo Rodriguez-Amaya et al. (2008), a utilização de pigmentos naturais em substituição aos sintéticos é uma alternativa viável para atingir a coloração desejada no filé de salmonídeos. O Brasil possui uma variedade extraordinária de pigmentos naturais, sendo um dos países mais ricos do mundo em recursos de pigmentos naturais, merecendo, portanto, esforços para sua melhor utilização. O uso de produtos naturais na criação, e principalmente na salmonização da truta, é uma característica que facilita a entrada do produto em alguns nichos de mercados, como a de produção orgânica e de produtos certificados, que tem crescido nos últimos anos (PULCINI et al., 2012; SAFARI & ATASHI, 2013; MADSEN et al., 2014).

Não existem dados na literatura sobre a inclusão do óleo de buriti na alimentação da truta arco-íris, porém, por suas características e seu elevado teor de β -caroteno, é possível que possa produzir a salmonização do filé. Desse modo, o estudo avaliou a utilização do óleo de buriti como fonte natural na pigmentação da musculatura da truta arco-íris, buscando avaliar os efeitos no desempenho produtivo, rendimento de carcaça, parâmetros

hematológicos e deposição carotenoides totais no músculo da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*).

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Truticultura Sítio Gaia, em Nova Friburgo – RJ, com duração de 90 dias. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (protocolo número 002/2017 - CEUA-FIPERJ) da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil.

2.1 Dieta experimental

Os níveis de inclusão de óleo de soja, óleo de buriti e astaxantina sintética na dieta experimental extrusada utilizada durante os 90 dias de experimento estão apresentadas na Tabela 1. A composição basal da dieta utilizada para a truta arco-íris está demonstrada na Tabela 2, bem como, a composição da dieta após a inclusão do óleo de soja, óleo de buriti e astaxantina sintética (Tabela 6 - Anexo A).

Tabela 1. Níveis de inclusão de óleo de soja, óleo de buriti e astaxantina sintética na dieta experimental extrusada utilizada durante o experimento.

Tratamento 1	Tratamento 2
5% de óleo de soja (Controle negativo)	5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais)
Tratamento 3	Tratamento 4
5% de óleo de buriti + astaxantina sintética (40 mg/Kg buriti - 10 mg/Kg astaxantina)	5% de óleo de soja + 50 mg/ Kg astaxantina sintética (controle positivo)

A astaxantina foi misturada ao óleo de soja e óleo de buriti com mixer. Após o procedimento, o preparado foi borridado manualmente aos grãos de ração, que então eram dispostos para secar em temperatura ambiente. Os peixes receberam alimento duas vezes ao dia até a saciedade aparente. Sete dias antes do início do experimento, os peixes foram adaptados com a dieta contendo apenas óleo de soja, controle negativo.

2.2 Peixes

Juvenis de truta arco-íris com peso médio de $86,3 \pm 4,5$ g foram alocados em gaiolas de 1m x 1m x 1m, com densidade de 20 animais/gaiola. A cada 30 dias foram realizadas biometrias, com registro do peso, comprimento total (CT), ganho de peso (GP: peso final

- peso inicial), taxa de crescimento específico (TCE: \ln peso final - \ln peso inicial/ tempo em dia), conversão alimentar (CA=consumo de ração/ganho em peso) e ao final do experimento foram analisados o rendimento em carcaça e filé (RCF), índice hepatossomático (IHS, %): [peso do fígado/peso corporal) x 100] sobrevivência (S) = [total de animais final/total de animais inicial] x 100), bem como, análise sanguínea - colesterol, triglicerídeos, glicose, hematócrito e proteína plasmática.

2.3 Análise da qualidade da água

Parâmetros como temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos (STD), pH, condutividade elétrica (CE), amônia, nitrito, nitrato, fósforo e fosfato foram coletados semanalmente. Para a temperatura foi utilizado oxímetro HANNA modelo HI9146), já para os outros parâmetros foi utilizado fotômetro multiparâmetro HANNA modelo HI 83203-01.

2.4 Coleta das amostras sanguíneas

Juvenis de truta arco-íris foram mantidos por 24 h em jejum até a coleta de sangue. Para o procedimento, os peixes foram anestesiados com eugenol (60 mg/L), sendo a coleta procedida por venopunção da vértebra caudal, com acesso ventral. As amostras sanguíneas foram coletadas em tubos contendo EDTA 3% (ácido etilenodiamino tetra-acético). Para análise de hematócrito, tubos capilares, preenchidos com aproximadamente 2/3 de sangue previamente homogeneizado foram centrifugados durante 15 min. a 10000 rpm (Centrífuga Microspin-Spin 1000®; Micros-spin (Mikro)- Laborline, Barueri, SP, Brasil). A proteína plasmática foi determinada por refratômetro portátil para proteína plasmática (Instrutherm®). Os analitos bioquímicos glicose, colesterol e triglicerídeos foram medidos por meio de kit comercial (Accutrend Plus, Cobas®, Roche Diagnostic Systems, Ramsey, MN, USA).

2.5 Quantificação dos carotenoides no óleo de buriti

Inicialmente foi determinado a quantidade de carotenoides totais presentes no óleo de polpa de buriti por espectrofotometria, utilizando-se uma curva de calibração de padrão de B-caroteno (Sigma-Aldrich), pelo método de Fish (2012), com pequenas modificações. Foram pesadas alíquotas de 100 μ L de óleo de polpa de buriti em balança de precisão (Mettler-Toledo AB204) e em seguida foram diluídas em 10 mL de acetona e agitadas por 10 segundos para completa solubilização. Com o intuito de preservar os carotenoides

durante as etapas de análise, as amostras foram mantidas em gelo e protegidas da luminosidade, com a utilização de papel alumínio no frasco que continha a amostra. Depois de solubilizadas, as amostras foram diluídas 1:1 com o mesmo solvente (acetona) e as absorbâncias medidas em espectrofotômetro a 450 nm, 452 nm e 503 nm.

A curva de calibração foi realizada com 25 a 500 µg de B-caroteno, diluído em metanol:hexano:éter etílico (8:1:1). Previamente à quantificação do teor de B-caroteno no óleo de polpa de buriti, foi realizado ensaio para determinar a solubilidade do óleo em 3 solventes: acetona, etanol e hexano. A após teste de solubilização a acetona foi o solvente selecionado. Desta forma, a absorbância da acetona contra o branco do sistema de solvente do padrão (metanol:hexano:éter etílico, 8:1:1 - único disponível, já solubilizado para análise em HPLC e armazenado em freezer -20º C, protegido da luz) foi considerada como Branco da curva de calibração. As análises de determinação de carotenoides no óleo de polpa de buriti foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Bromatologia da Universidade do Vale do Itajaí, localizado em Itajaí – SC. De acordo com a equação de Fish (2012), o teor de carotenoides totais no óleo de Buriti foi de 792 mg/L.

2.6 Análise dos carotenoides no file

Foram coletados 5 gramas de amostra (quatro peixes por tratamento totalizando 16 amostras) e posteriormente mantidas em freezer até a realização das análises. As amostras coletadas foram padronizadas na altura da nadadeira dorsal.

As amostras foram acondicionadas em caixas de isopor e encaminhadas ao laboratório de Reprodução Animal da UDESC/CAV – Lages, para a realização das análises conforme metodologia adaptados por Hata e Hata (1971) e Moriel et al. (2004).

Amostras de 0,5 gramas foram pesadas e transferidas para um tubo falcon contendo 2 mL de DMSO (dimetilsulfóxido), o qual permaneceu em descanso por 30 minutos. Para evitar exposição da amostra à luz, o tubo falcon foi revestido externamente com papel alumínio. Após o período de descanso, o preparado foi alocado no almofariz, sendo adicionado 6 mL de acetona. A amostra foi misturada e macerada delicadamente com o pistão de porcelana para a extração dos carotenoides. Para a completa extração, a amostra foi lavada 4 vezes com acetona até o músculo apresentar ausência de cor. Com o auxílio de uma pipeta, foi retirado o sobrenadante das quatro lavagens.

Após as lavagens, os sobrenadantes foram filtrados a fim de eliminar os resíduos do músculo. Em seguida, foi adicionado 10 mL de solução de cloreto de sódio (200 g/L), aos sobrenadantes e 10 mL de éter de petróleo, em um funil de separação. Após a primeira

separação, a solução aquosa foi separada da solução etérea. Em um segundo momento, a solução aquosa foi adicionada ao funil com a adição de mais 5 mL de éter de petróleo. Esse procedimento foi realizado duas vezes.

As fases etéreas foram então filtradas em funil de Buchner com papel filtro contendo sulfato de sódio anidro para a retirada da água remanescente. A quantidade do filtrado foi registrada e acondicionado em frasco âmbar para a realização das leituras em espectrofotômetro.

As leituras das amostras foram realizadas no laboratório de fertilidade do solo, do CAV/UDESC, com a utilização de espectrofotômetro UV com comprimento de onda de 474 e utilizado o éter de petróleo como branco. A determinação dos carotenoides obtidas no final do processo foi realizada utilizando-se a equação abaixo, sabendo-se que a absorvância específica para carotenoides é $A1\% 1\text{cm} = 1.600$.

$$Py = (AD)/(0,16Pt)$$

Onde: Py = concentração celular de carotenoides no final do processo (mg carotenoide/ g músculo)

A = absorvância

D = fator de diluição (25 ml)

Pt = peso do músculo (g)

2.7 Análise estatística

Os dados foram comparados entre os tratamentos por one-way ANOVA e posteriormente pelo teste de Tukey ($P<0,05$). As análises estatísticas foram previamente submetidas ao teste de normalidade dos erros (Cramer-von Mises) e de homocedasticidade das variâncias (Levene's). Os dados em porcentagem foram previamente transformados em $\text{arcoseno } \sqrt{x/100}$. Os dados foram analisados pelo “Statistical Analysis System” (SAS Institute, versão 8.0).

4.5 RESULTADOS

Ao final de 90 dias, a sobrevivência dos peixes variou de 91,3% a 96,3%. Os parâmetros de desempenho de crescimento são apresentados na Tabela 2. A taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente e sobrevivência não diferiram ($P>0,05$) significativamente entre os tratamentos. O comprimento dos peixes aumentou significativamente ($P<0,05$) nos grupos suplementados apenas com óleo vegetal em

comparação com os grupos contendo astaxantina sintética. Entre os grupos, o tratamento contendo óleo de buriti proporcionou maior comprimento dos peixes ($P<0,05$).

Os melhores resultados ($P<0,05$) de peso e ganho em peso foram observados em peixes alimentados com óleo de buriti, óleo de soja e óleo de buriti + astaxantina; no entanto, o tratamento contendo óleo de soja + astaxantina não apresentou diferença estatística ($P>0,05$) com o tratamento contendo óleo de buriti + astaxantina.

Tabela 2. Desempenho de truta arco-íris alimentada com dietas isoproteicas, suplementadas com óleo de buriti e óleo de soja, com ou sem a adição de astaxantina sintética.

Tratamentos	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Comprimento	$27,7 \pm 1,4^{ab}$	$28,3 \pm 2,3^a$	$26,8 \pm 1,6^{bc}$	$25,9 \pm 1,8^c$
Peso	$264,2 \pm 10,7^a$	$269,4 \pm 22,4^a$	$236,7 \pm 29,7^{ab}$	$213,5 \pm 26,1^b$
GP	$176,8 \pm 11,6^a$	$181,0 \pm 20,9^a$	$150,5 \pm 32,2^{ab}$	$126,9 \pm 24,9^b$
TCE	$1,2 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,1$
CAA	$1,7 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,2$
Sobrevivência	$95,0 \pm 4,1$	$93,8 \pm 7,5$	$96,3 \pm 4,8$	$91,3 \pm 6,3$

Médias com diferentes letras diferem estatisticamente entre si ($P<0,05$). GP: Ganho de peso; TCE: Taxa de crescimento específico; CAA: Conversão alimentar aparente. Tratamento 1: 5% de óleo de soja; Tratamento 2: 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais); Tratamento 3: 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais) + 10 mg/Kg de astaxantina sintética; Tratamento 4: 5% de óleo de soja + 50 mg/Kg de astaxantina sintética.

As médias de rendimento do peixe eviscerado, filé e índice hepatossomático estão descritos na Tabela 3. Não foi verificado diferença estatística ($P>0,05$) para rendimento do peixe eviscerado, filé e índice hepatossomático em nenhum dos grupos experimentais.

Tabela 3. Média da porcentagem de rendimento do peixe eviscerado e do filé, e índice hepatossomático (IHS).

Tratamentos	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Eviscerado (%)	$88,9 \pm 2,5$	$88,7 \pm 1,8$	$87,3 \pm 4,0$	$88,5 \pm 2,2$
Filé (%)	$58,6 \pm 3,3$	$59,5 \pm 6,2$	$57,5 \pm 2,8$	$58,0 \pm 2,3$
IHS	$0,013 \pm 0,003$	$0,013 \pm 0,002$	$0,014 \pm 0,004$	$0,014 \pm 0,002$

Tratamento 1: 5% de óleo de soja; Tratamento 2: 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais); Tratamento 3: 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais) + 10 mg/Kg de astaxantina sintética; Tratamento 4: 5% de óleo de soja + 50 mg/Kg de astaxantina sintética.

Os efeitos das dietas suplementadas com óleo de buriti e astaxantina sobre os parâmetros hematológicos de truta arco-íris são apresentados na Tabela 4. Como resultado, os parâmetros sanguíneos para glicose, hematócrito, proteína plasmática, colesterol e triglicerídeos não foram afetados ($P>0,05$) por nenhum dos tratamentos.

Tabela 4. Parâmetros sanguíneos de glicose (mg/dL), hematócrito (%), proteína plasmática (mg/dL), colesterol (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), com trutas alimentadas com óleo de buriti, óleo de soja, com ou sem astaxantina sintética.

Tratamentos	T1	T2	T3	T4
Glicose	25,13±8,32	27,0±6,82	21,88±3,60	24,13±5,4
Hematócrito	37,75±3,06	43,13±6,77	39,75±5,95	45,25±10,1
Proteína plasmática	6,88±0,40	6,93±0,85	6,63±0,83	7,38±0,4
Colesterol	HI	HI	240,0±46,99	269,33±43
Triglicerídeos	90,25±10,66	97,13±12,4	92,13±15,28	95,33±13

HI = acima do limite detectável pelo aparelho. Tratamento 1: 5% de óleo de soja; Tratamento 2: 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais); Tratamento 3: 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais) + 10 mg/Kg de astaxantina sintética; Tratamento 4: 5% de óleo de soja + 50 mg/Kg de astaxantina sintética.

A quantidade de carotenoides totais depositadas no filé de truta arco-íris estão representados na Tabela 5. Houve diferença significativa ($P<0,05$) entre os tratamentos. Os peixes alimentados com a dieta contendo 5% de óleo de buriti + 10 mg/kg de astaxantina sintética apresentaram níveis mais altos de carotenoides totais no músculo (34,75 mg/kg/filé). Em contraste, o tratamento contendo 5% de óleo de soja + 50 mg/Kg de astaxantina sintética apresentou a menor média de deposição de 6,45 mg/Kg/filé. A dieta contendo apenas 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg carotenoides totais), proporcionou valor superior de deposição ($P<0,05$) em comparação a dieta contendo óleo de soja + 50 mg/Kg de astaxantina sintética.

Tabela 5. Quantidade de carotenoides totais (mg/Kg) no filé de truta arco-íris.

Tratamentos	Carotenoides totais (mg/Kg)
T1: óleo de soja	2,55 ^c
T2: óleo de buriti	10,47 ^b
T3: óleo de buriti + astaxantina	34,75 ^a
T4: óleo de soja + astaxantina	6,45 ^{bc}

Valor de $F = 6,83$; $P = 0,006108$. Anova e teste Tukey 5% de probabilidade. Teste de Levene para homocedasticidade e teste de Cramer von Mises para normalidade.

4.6 DISCUSSÃO

A utilização de diferentes fontes lipídicas na dieta de peixes tem proporcionado um melhor entendimento dos efeitos dos lipídios (YILDIZ et al., 2015; PIEDECAUSA et al., 2007) no desempenho produtivo (ADORIAN et al., 2017; SPERONI, 2015; LOSEKANN et al., 2008) e nos parâmetros sanguíneos (ACAR et al., 2018), sugerindo que tenha ação sobre os mecanismos fisiológicos responsáveis pela saúde dos peixes (ARAÚJO et al.,

2015). Estes conhecimentos, quando aprofundados, poderão possibilitar a manipulação da dieta, buscando os efeitos desejáveis de diferentes fontes lipídicas na criação de peixes.

Além disso, uma importante demanda da pesquisa e que já está sendo atendida é a substituição do óleo de peixe por fontes oleaginosas naturais, visto que o óleo de peixe, além de oneroso, demanda grande quantidade de pescado. Os óleos vegetais podem ser considerados produtos naturais e diferentes estudos demonstraram a possibilidade de sua inclusão na dieta de peixes, como por exemplo o óleo de algodão, óleo de arroz, azeite de oliva, óleo de canola, azeite de dendê, óleo de girassol, óleo de linhaça, óleo de milho e óleo de soja (YILDIZ, et al., 2018; ADORIAN et al., 2017; PEREIRA et al., 2011; TSUJII, 2018; LOSEKANN et al., 2008; RIBEIRO et al., 2008; MAKOTO et al., 2006).

Neste estudo, foi testada a inclusão do óleo de buriti, que é considerado um alimento funcional com excelente potencial terapêutico, antioxidante e cicatrizante (SANTOS et al., 2016; BATISTA et al., 2012), microbiológico (AGUIAR E SOUZA, 2017) e antimicrobiano (SILVEIRA et al., 2005), na alimentação de trutas arco-íris. O emprego de 40 mg/kg de carotenoides totais, que corresponde a 5% de óleo de buriti adicionado de 10 mg/kg de astaxantina sintética, proporcionou uma expressiva quantidade de 34,75 mg/kg de carotenoides totais depositados no músculo da truta arco-íris. Isto é justificável já que o fruto do buriti é rico em carotenoides, sendo considerado a maior fonte de β -caroteno conhecida no reino vegetal (OLIVEIRA, 2011; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008), além de possuir tocoferóis (DARNET et al., 2011) e vitamina A (AQUINO et al., 2012; YUYAMA et al., 1998).

Por definição, alimento funcional está ligado a nutrição e tem por objetivo promover a saúde e bem-estar, bem como a manutenção física e mental, auxiliando a prevenção de doenças (MANHÃES, 2007). O óleo de buriti apresenta inúmeras propriedades terapêuticas, que o caracterizam como alimento funcional. Todavia, os resultados deste estudo indicaram que a taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente e sobrevivência dos peixes não foram influenciados pelo óleo de buriti incluído nas dietas. No entanto, o comprimento, peso e ganho de peso das trutas arco-íris foram superiores com o tratamento contendo óleo de buriti, demonstrando um efeito positivo de seu uso. Isto é corroborado por estudos anteriores, que relataram aumento do peso, biomassa total, consumo de ração e taxa de crescimento específico com a utilização do *blend* de óleo de buriti e óleo de murumuru, na dieta de jundiá (SPERONI, 2015).

Os peixes podem apresentar preferência pelo tipo de óleo adicionado a dieta (GEURDEN et al., 2005), podendo interferir no seu desempenho (ANIDO, 2006). Geurden

et al. (2005), ao testarem três fontes lipídicas ricas em ácido linolênico (óleo de linhaça), ácido linoleico (óleo de girassol) e ácido oleico (óleo de colza), observaram que juvenis de truta arco-íris tiveram preferência pela fonte de ácido oleico, devido ao óleo de colza ser mais palatável do que as outras fontes vegetais testadas. Speroni (2015), ao utilizar *blend* de óleo de buriti e óleo de murumuru na dieta de Jundiá, obteve elevado consumo de ração, peso final e biomassa total dos peixes, em comparação com o óleo de soja. Em nosso estudo, o melhor desempenho foi observado nos tratamentos contendo óleo de buriti, o que sugere que este óleo apresenta qualidade nutricional para a espécie e, ao mesmo tempo, pode-se mencionar os efeitos benéficos proporcionado pelos compostos funcionais encontrados no buriti

Não houve diferença na conversão alimentar das trutas arco-íris em função dos tratamentos, registrando em média, valor de 1,7. Da mesma forma, a fonte de óleo utilizada (buriti e soja) não influenciou na porcentagem de rendimento do peixe eviscerado, filé e do índice hepatossomático. Todavia, o rendimento de filé foi considerado alto (média de 58,4%), quando comparado a Macedo-Viegas et al. (2002), que avaliaram o rendimento de filé de truta arco-íris sob diferentes classes de peso (300-445 g), obtendo rendimento médio de 44,51%. Segundo Rasmussen & Ostenfeld (2000), o rendimento de filé dos peixes é afetado, não apenas pelo peso do peixe, mas também pela espécie, método de filetagem (SOUZA e MACEDO-VIEGAS, 2001), destreza operacional do filetador (SOUZA et al., 2005), entre outros fatores intrínsecos.

A presença de fatores antinutricionais em alimentos de origem vegetal podem comprometer o funcionamento digestivo dos peixes, com consequente diminuição do índice hepatossomático (LOPES et al., 2010). Como não existem trabalhos com óleo de buriti na dieta de truta arco-íris, infere-se que o óleo não tenha afetado as condições normais do aparelho digestivo, uma vez que, os animais apresentaram bom crescimento, sugerindo a possibilidade da utilização do ingrediente na ração para truta arco-íris.

Pelo fato de o sangue ser um dos tecidos mais dinâmicos do organismo, é possível avaliar o estado nutricional dos peixes por meio das características hematológicas (ARAÚJO et al., 2011) e esse conhecimento pode ser uma ferramenta útil para novas formulações, sob a ótica da defesa orgânica do animal (COSTA et al., 2014). Neste estudo, não houve diferença estatística no percentual de hematócrito, concentração de proteína plasmática, triglicerídeos, colesterol e glicose, independentemente das dietas. O hematócrito encontrado oscilou de 37,75% a 45,25%, estando dentro da normalidade para trutas saudáveis (30% a 49%) (McCARTHY et al., 1975), com média de 40,7%

(QUINTANA & PEREIRA, 2008). Isto é sugestivo que durante o experimento os peixes não foram submetidos a estresses. É importante destacar que os valores hematológicos podem variar de acordo com o estágio de vida e o sexo da truta arco-íris (BUENAÑO, 2010), bem como, a agentes estressantes, como observado por Torres (2014) e Araújo et al. (2011).

A cor do filé dos salmonídeos é o critério de maior importância para sua comercialização. Desde muito tempo, pesquisadores têm empenhado esforços para adquirir a coloração desejada em salmão cultivado. Nos anos 70, eram exigidos níveis mínimos de 1,5 a 3,0 mg Kg de astaxantina no filé dos salmonídeos, atualmente, são aceitáveis níveis acima de 8 mg Kg (TORRISSEN, 1996). Para alcançar essa quantidade no filé, muitos autores têm utilizado doses entre 30 a 200 mg Kg de astaxantina sintética na dieta dos salmonídeos (NOORI & RAZI, 2017; BJERKENG et al., 2007; TORRISSEN et al., 1995; STOREBAKKEN & NO, 1992; TORRISSEN e CHRISTIANSEN, 1989). A baixa retenção de carotenoides no músculo dos salmonídeos também contribui para a inclusão de elevadas doses de astaxantina ou cantaxantina na dieta. Alguns autores sugerem que essa baixa deposição no músculo deve-se a baixa digestibilidade/absorção da astaxantina (TORRISSEN e CHRISTIANSEN, 1989, STOREBAKKEN & NO., 1992). No entanto, a inclusão acima de 60 mg kg determina que seja atingido um platô de pigmentação no músculo (TORRISSEN et al., 1995).

Neste experimento utilizou-se 40 mg kg de carotenoides totais (que corresponde a 5% de óleo de buriti) + 10 mg kg de astaxantina sintética. A quantidade de carotenoides totais depositados no músculo da truta arco-íris alimentadas com tal dieta chegou a 34,75 mg kg após 90 dias. Este resultado é superior aos valores relatados em outros ensaios com nível de carotenoides e duração similares. Bjerkeng et al. (2007), utilizaram 40 mg kg de astaxantina natural, provida da levedura *Phaffia rhodozyma*, e astaxantina sintética (Lucantin® Pink) na alimentação do salmão do Atlântico, durante 86 dias, e obtiveram concentração final de carotenoides totais de 2,56 mg kg para *P. rhodozyma*, comparado a 1,96 mg kg para astaxantina sintética. Ao utilizarem 50 mg kg de astaxantina sintética na dieta de truta arco-íris por 74 dias, Young et al. (2017) alcançaram níveis de 3,91 µg/g de carotenoides totais, sendo 3,24 µg/g representadas pela astaxantina.

Mais de 90% da produção de salmonídeos utilizam a astaxantina e cantaxantina sintética para a pigmentação do filé (TORRISSEN, 1996). Embora, alternativas naturais de carotenoides tenham sido utilizadas (CEZARE-GOMES et al., 2019; NHAN et al., 2019;

SÁNCHEZ et al., 2019), nenhum pigmento natural ou sintético alcançou níveis tão altos de pigmentação no filé de salmonídeos como apresentado pelo presente estudo. É possível que o óleo de buriti tenha potencializado a absorção da astaxantina no filé de truta arco-íris. Isso pode ser explicado pelo fato desses carotenoides apresentarem polaridades diferentes. O β -caroteno é apolar, enquanto a astaxantina é polar. Desse modo, os carotenoides não competem pelo mesmo sítio de ligação, não havendo então, competição durante a absorção intestinal. Os carotenos incorporam-se preferencialmente no núcleo dos triacilgliceróis, enquanto as xantofilas se distribuem na superfície da emulsão, bem como o α -tocoferol e o ácido retinoico. Essa localização faz toda a diferença quanto a sua disponibilidade, pois os carotenoides que se encontram na superfície da emulsão são facilmente transferidos para as micelas mistas enquanto os que permanecem no núcleo precisam digerir os triacilgliceróis antes de sua transferência as micelas (El-GORAB & UNDERWOOD, 1973; HIGHT e DAY, 1952).

A quantidade de vitamina A presente no óleo de buriti pode ter favorecido a elevada deposição de carotenoides totais no filé de truta arco-íris, pois o retinol tem a capacidade de expandir as micelas mistas e melhorar a solubilização do β -caroteno que se encontra no núcleo das micelas (BOREL et al., 1996; CAREY e HERNEL, 1992; El-GORAB & UNDERWOOD, 1973). Todavia, novos estudos utilizando óleo de buriti devem ser desenvolvidos, para confirmar essa hipótese.

Por serem hidrofóbicos, os carotenoides encontram dificuldades em estabilizar-se no trato gastrointestinal dos peixes (OLSEN e BAKER, 2006; TORRINSEN, 2000), no entanto, a elevada inclusão de lipídios na dieta dos salmonídeos tem potencializado a pigmentação de astaxantina na musculatura (NICKELL e BROMAGE, 1998; TORRISSEN, 1996; CHRISTIANSEN et al, 1995). Em dietas comerciais para salmonídeos, o nível de inclusão de lipídios pode chegar até 40% (OLSEN et al., 2005; TORRISSEN et al., 1995). Christiansen et al (1995), utilizaram níveis de 5%, 18% e 25% de lipídios na dieta do salmão do Atlântico por 151 dias e observaram que a concentração de astaxantina no filé aumentou linearmente com o aumento de lipídios na dieta. Chan et al. (2002), obtiveram os mesmos resultados ao adicionarem 16%, 23% e 30% de lipídios na dieta do salmão do Atlântico. Embora muitos trabalhos afirmem que o aumento na deposição de pigmentos no filé de salmonídeos está relacionado com o aumento de lipídios na dieta, ainda não se sabe ao certo como funciona este mecanismo, sendo necessários mais estudos na área.

Embora estes estudos tenham utilizado elevadas quantidades de lipídios na dieta do salmão do Atlântico, todos os autores obtiveram deposição de astaxantina no músculo inferior ao encontrado no presente estudo. A inclusão de 5% de óleo de buriti + 10 mg/kg de astaxantina sintética, foram suficientes para pigmentar o filé de truta arco-íris com deposição de 34,75 mg/kg de carotenoides totais. A dieta contendo apenas 5% de óleo de buriti apresentou deposição de 10,47% de carotenoides totais no filé, sugerindo que sua inclusão é capaz de substituir 50 mg/kg de astaxantina sintética na pigmentação do músculo dos salmonídeos, pois consegue-se atingir a quantidade mínima de 8 mg/kg de pigmentos no filé.

Outro efeito positivo da pigmentação do músculo da truta arco-íris encontradas neste estudo, pode ter relação com a composição dos ácidos graxos presentes no óleo de buriti. Bjerkeng et al. (1999), observaram que a deposição de astaxantina no filé do salmão do atlântico foi fortemente influenciada pela alimentação com lipídios monoinsaturados, comparada aos lipídios contendo PUFAS. O óleo de buriti utilizado no estudo apresenta em sua composição, em média, 83% de ácidos graxos monoinsaturados, representado pelo ácido oleico (SERRA et al., 2019), sugerindo sua participação na elevada deposição de carotenoides no filé de truta arco-íris. Este é o primeiro trabalho a utilizar o óleo de buriti como pigmento amarelo natural na coloração do filé de truta arco-íris e embora a utilização de óleos vegetais na dieta de salmonídeos e seus efeitos na coloração do filé ainda seja limitada (CHIMSUNG et al., 2014), pode-se inferir que o óleo de buriti é uma excelente fonte natural de carotenoides.

4.7 CONCLUSÕES

O óleo de buriti tem um grande potencial na pigmentação da truta arco-íris, sendo que a inclusão de 5% de óleo de buriti + 10 mg/kg de astaxantina sintética proporcionou alta deposição de carotenoides no filé de truta arco-íris. E a inclusão de 5% do óleo de buriti substitui a inclusão de 50 mg de astaxantina sintética.

Sugere-se maior investigação na dinâmica do óleo de buriti com a astaxantina sintética a fim de entender os mecanismos da absorção intestinal e como a composição da dieta pode definir uma adequada estratégia de pigmentação no músculo da truta arco-íris. O óleo de buriti mostrou-se uma excelente fonte de carotenoide natural na coloração do filé de truta arco-íris.

Agradecimentos

FIPERJ, Sítio Gaia (Em especial).

4.8 REFERÊNCIAS

ACAR, U., et al. Effects of different levels of Pomegranate seed oil on some blood parameters and disease resistance against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout. **Frontiers and Physiology**, v.23, n.9, 2018.

ADORIAN, T. J., et al. Utilização de óleos vegetais em dietas para juvenis de piava (*Leporinus obtusidens*). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.2, 2017.

AGUIAR, J. P. L., SOUZA, F. C. A. Dehydration and spraying of buriti pulp (*Mauritia flexuosa* l.): shelf-life evaluation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, 2017.

AQUINO, J. S., et al., Refining of Buriti Oil (*Mauritia flexuosa*) Originated from the Brazilian Cerrado: Physicochemical, Thermal-Oxidative and Nutritional Implications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.23, n.2, pag.212-219, 2012.

ANIDO, R. J. V. **Substituição do óleo de peixe por óleos vegetais em dietas para Jundiá Rhamdia quelen; efeito no desempenho e no perfil de ácidos graxos da composição corporal.** 2006.109f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

ARAÚJO, D. M., et al. Hematologia de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas contendo óleos vegetais e estimulados pelo frio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.3, pag.294-302, 2011.

ARAÚJO, D. M., et al. Perfil hematológico de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes lipídeos e estimuladas por baixa temperatura. **Revista Caatinga**, v.28, n. 1, 2015.

ATTOKARAM, M. **Natural food flavors and colorants.** 2º edição. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2017. 390 p. Institute of Food Technologists series.

AZEVEDO, R. V., et al. Óleo e torta de dendê em rações para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.8, pag. 1028-1034, 2013.

BABA, E., et al. Evaluation of *Citrus limon* peels essential oil on growth performance, immune response of Mozambique tilápia *Oreochromis mossambicus* challenged with *Edwardsiella tarda*. **Aquaculture**, v.465, pag. 13-18, 2016.

BATISTA, J. S., et al. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti. **Ciência Rural**, v.42, n.1, pag.136-141, 2012.

BOREL, P., et al. Carotenoids in biological emulsions: solubility, surface-to-core distribution, and release from lipid droplets. **Journal of Lipid Research**, v. 37, pag. 250-261, 1996.

BJERKENG, B., et al. Digestibility and muscle retention of astaxanthin in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with the red yeast *Phaffia rhodozyma* in comparison with synthetic formulated astaxanthin. **Aquaculture**, v.269, n. 1-4, pag.476-489, 2007.

BJERKENG, B. et al. Deposition of astaxanthin in fillets of Atlantic salmon, (*Salmo salar*) fed diets with herring, capelin, sandeel or Peruvian high PUFA oils. **Aquaculture**, v. 180, pag. 307-319, 1999.

BUENAÑO, M. V.C. Hemograma de trucha arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador. **Boletín Técnico** 9, 2010.

CAREY, M.C., HERNEL, O. Digestion and absorption of fat. **Seminars in gastrointestinal disease**, v.3, pag. 189-208, 1992.

CEZARE-GOMES, E. A., et al. Potential of microalgae carotenoids for industrial application. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.188, n.3, pag.602-634, 2019.

CHAN, J. C. K, et al. Effects of feeding diets containing various dietary protein and lipid ratios on the growth performance and pigmentation of post-juvenile coho salmon *Onchorynchus Kisutch* reared in sea water. **Aquaculture Research**, v.33, n. 14, pag. 1137-1156, 2002.

CHIMSUNG, N. et al. Effects of various dietary on astaxanthin absorption in Atlantic salmon. **Aquaculture Research**, v.45, n. 10, pag.1611-1620, 2014.

CHOUBERT, G.; BLANC, J.M. Flesh colour of diploid and triploid Rainbow trout fed canthaxanthin. **Aquaculture**, v. 47, pag. 299-304, 1985.

CHRISTIANSEN, R., et al. Assessment of flesh colour in Atlantic salmon, *Salmo salar L.* **Aquaculture Research**, n.26, pag.311-321, 1995.

COSTA, D. V., et al. Parâmetros hematológicos de tilápia-do-Nilo alimentadas com dietas com diferentes fontes de óleo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.3, 2014.

DARNET, S. H., et al. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.2, pag. 488-491, 2011.

EL-GORAB, M., UNDERWOOD, B.A. Solubilization of beta-carotene and retinol into aqueous solutions of mixed micelles. **Biochimica et Biophysica Acta - Lipids and Lipid Metabolism**, v.306, n. 1, pag.58-66, 1973.

FISH, W. W. Refinements of the attending equations for several spectral methods that provide improved quantification of -carotene and/or lycopene in selected foods. **Postharvest Biology and Technology**, v.66, pag.16-22, 2012.

FREITAS, E. R., et al. Potencial do urucum e seus resíduos para pigmentação dos produtos avícolas. 2017. **Anais...** In: XX Seminário Nordestino de Pecuária. Fortaleza – Ce.

GEURDEN, I., et al. Rainbow trout can discriminate between feeds with different oil source. **Physiology & Behavior**, v.85, n.2, 2005.

HATA, M.; HATA, M. Carotenoid Pigments in goldfish (*Carassius auratus*): I. Composition and distribution of carotenoids. **International Journal of Biochemistry**, v. 2, n. 7, p. 11-19, 1971.

HIGH, E.G. and DAY, H.G. Fate of lycopene in the rat and its effects on the utilization of carotene and vitamin A. **The Journal of Nutrition**, v. 48, n. 3, pag. 369-376, 1952.

LATSCHA, T. 1990. **Carotenoids** – Their nature and significance in animal feeds. 110p. F. Hoffmann-La Roche Ltda., Basel, Switzerland.

LIRA, G. M., et al. Total carotenoids and antioxidant activity of fillets and shells (*in natura* or cooked) of “Vila Franca” shrimp (*Litopenaeus schmitti*) in different intervals of storage under freezing. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n.1, 2017.

LOPES, J.M., et al. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.519-526, 2010.

LOSEKANN, M. E., et al. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. **Ciência Rural**, v.38, n.1, pag. 225-230, 2008.

MADSEN, L.; et al. 2015. Organic diets are equally good for rainbow trout fry as conventional diets. **ICROFS news**, January 2015, v.4, 2014. Disponível em: <http://orgprints.org/28102>.

MACEDO-VIEGAS, E. M., et al. Rendimento e composição centesimal de filés in natura e pré-cozido em truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Wallbaum). **Acta Scientiarum**, v. 24, n.4, pag. 1191-1195, 2002.

MAKOTO, M., et al. Influence of diets enriched with different vegetable oils on the performance and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Acta Scientiarum Technology**, v.28, n.2, 2006.

MANHÃES, L. R. T. Caracterização da polpa de buriti: um potente alimento funcional. 2007.78f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

MARTINS, N., et al. Foods colorants: Challenges, opportunities and current desires of agroindustries to ensure consumer expectations and regulatory practices. **Trends in Food Science e Technology**, v. 52, 2016.

McCARTHY, D. H., et al. Some blood parameters of the rainbow trout (*Salmo gairdnerii richardson*). **Journal Fish of Biology**, v. 7, pag.215-219, 1975.

MORIEL, D. G. et al. Optimization of biomass and astaxanthin production by the yeast *Phaffia rhodozyma*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 3, p. 421-424, 2004.

NHAN, H. T., et al. Effects of natural dietary carotenoids on skin coloration of false Clownfish (*Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830). **Aquaculture Nutrition**, 2019.

NICKELL, D.C., BROMAGE, N.R. The effect of dietary lipid level on variation of flesh pigmentation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.161, pag.237-251, 1998.

NOORI, A., RAZI, A. Effects of dietary astaxanthin on the growth and skin and muscle pigmentation of sexually immature rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Teleostei: Salmonidae). **Iranian Journal of Ichthyology**, v.4, n. 4, pag.361-372, 2017.

OLSEN, R. E., et al. Effect of lipid source and bile salts in diet of Atlantic salmon, *Salmo salar*, **Aquaculture**, v.250, n.3-4, pag.804-812, 2005.

OLSEN, R. E., BAKER, R. T. M. Lutein does not influence flesh astaxanthin pigmentation in the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) **Aquaculture**, v.258, n.1, pag.558-564, 2006.

OLIVEIRA, D. L. Viabilidade econômica de algumas espécies medicinais nativas do cerrado. **Estudos**, v.38, n.2, pag. 301-332, 2011.

PEREIRA, M. C., et al. Óleos vegetais em rações para o híbrido tambacu (macho *Piaractus mesopotamicus* x fêmea *Colossoma macropomum*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.2, 2011.

PIEDECAUSA, M. A., et al. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). **Aquaculture**, v. 263, n. 1-4, p. 211-219, 2007.

PULCINI, D., et al. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) develop a more robust body shape under organic rearing. **Aquaculture Research**, 2012.

QUINTANA, B., PEREIRA, A. Estandarizacion de valores hematológicos de trucha arco iris. **Cultura Científica**, Boletín 3: pag. 24 – 29, 2008.

RASMUSSEN, R. S.; OSTENFELD, T. H. Effect of growth rate on quality traits and feed utilization of rainbow trout (*Oncorhyncus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). **Aquaculture**, Amsterdan, v.184, p. 327-337, 2000.

RIBEIRO, P. A. P., et al. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, pag. 1331-1337, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília, 2008. 100p.

SAFARI, O., ATASH, M. M. S. 2013. Study on the different levels of annatto (*Bixa orellana*) seed meal in the diet on some biological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Ferdowsi University of Mashhad**, Mashhad, Iran.

SÁNCHEZ, E. G. T., et al. Effects of bee pollen extract as a source of natural carotenoids on the growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 2019.

SANTOS, M. F. G., et al. Quality Characteristics of fruits and oils os palms native to the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, 2017.

SANTOS, S. O., et al. Avaliação da Capacidade antioxidante e do Potencial antimicrobiano do Óleo extraído do Fruto de Mauritia flexuosa (Buriti). **Anais...** 18^a Semana de Pesquisa da Universidade Tiradentes. “A prática interdisciplinar alimentando a Ciência”, Aracajú – SE. 24 a 28 de outubro 2016.

SERRA, J. L., et al. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. **Food Research International**, v.116, pag. 12-19, 2019.

SILVEIRA, C. S., et al. Atividade antimicrobiana dos frutos de Syagrus oleracea e Mauritia vinifera. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.2, pag.143-148, 2005.

SIGURDSON, G. T., et al. Natural Colorants: Food Colorants from Natural Sources. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 8, 2017.

SOARES, Z. T., et al. **Aproveitamento sustentável das florestas nativas de buriti (Mauritia flexuosa):** Uma alternativa ao desenvolvimento das comunidades rurais do oeste maranhense. 2014. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/aproveitamento-sustentavel-das-florestas-nativas-de-buriti-mauritia-flexuosa-uma-alternativa-ao-desenvolvimento-das-comunidades-rurais-do-oeste-maranhense/119095>.

SOUZA, M. L. R., et al. Efeito do peso de tilápia-no-Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre e rendimento e a qualidade de seus filés defumados com e sem pele. **Food Science and Technology**, v.25, n.1, 2005.

SOUZA, M. L. R.; MACEDO-VIEGAS, E. M. Comparação de quatro métodos de filetagem utilizado para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o rendimento do processamento. **Infopesca International**, n. 7, p. 26-31, 2001.

SUPERONI, C. F. *Suplementação de jundiás com óleos da Amazônia: Desempenho, composição química e estabilidade oxidativa do filé.* 2015. 88f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SRIVASTAVA, S (2015). Food adulteration affecting the nutrition and health of human beings. **Biol. Sci. Med.** v.1, n.1, pag.65-70, 2015.

STOREBAKKEN, T., NO, H. K. Pigmentation of rainbow trout. **Aquaculture**, v.100, pag.209-229, 1992.

TORRES, D. E. Avaliação do efeito de micro-organismos probióticos sobre o desempenho zootécnico, hematológico e tolerância ao estresse da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). 2014. 98f. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

TORRISEN, O. J. 1996. Effective use of carotenoids for salmon flesh pigmentation. **Institute of Marine Research**, 1996.

TORRISEN, O.J. Strategies for salmonid pigmentation. **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, pag. 276-281, 1995.

TORRISEN, O. J., CHRISTIANSEN, R. Requirements for carotenoids in fish diets. **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, pag.225-230, 1989.

TORRISEN, O. J. Dietary delivery of carotenoids. **In:** Decker, E. A. Faustman, C, pag.289-311, 2000.

TORTENSEN, B. E., et al. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) effects of capelin oil, palm oil and oleic-enriched sunflower oil as dietary lipid sources. **Lipids**, .35, pag.653-664, 2000.

TSUJII, K. M. Desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos e qualidade da carne da tilápia do Nilo alimentada com dieta suplementada com óleo de soja ou de linhaça. 2018. 81f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

WIJEKOON, M. P. A., et al. Effect of dietary substitution of Fish oil with flaxseed or sunflower oil on muscle fatty acid composition in juvenile steelhead trout (*Onchorynchus mykiss*) reared at varying temperatures. **Aquaculture**, v.433, n.20, pag.74-81, 2014.

YOUNG, A. J., et al. Processing of astaxanthin-rich Haematococcus cells for dietary inclusion and optimal pigmentation in rainbow trout, *Onchorynchus mykiss* L. **Aquaculture Nutrition**, v.23, n.6, pag.1304-1311, 2017.

YILDIZ, M., et al. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.46, pag.2885-2896, 2015.

YILDIZ, M., et al. The Effects of Fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with Fish oil finishing diet improved the fatty acid composition. **Aquaculture**, v.488, n.10, pag.123-133, 2018.

YUYAMA, L. K. O., YONEKURA, L. AGUIAR, J. P. L., SOUSA, R. F. S. Biodisponibilidade dos carotenoides do buriti (*Mauritia flexuosa L.*) em ratos. **Acta Amazonica**, v.28, n.4, 1998.

ZANFINI, A., FRANCHI, G. G., MASSARELLI, P., CORBINI, G., DREASSI, E. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity in five tomato (*Lycopersicon esculentum mill.*) cultivars. **Italian Journal of Food Science**, v.29, 2017.

5- CAPÍTULO III

DIETAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE ÓLEO DE BURITI NO DESEMPENHO PRODUTIVO E NA PIGMENTAÇÃO DO FILÉ DE TRUTA ARCO-ÍRIS

HIGHLIGHT

- O óleo de buriti proporciona deposição de beta caroteno na musculatura de trutas, superior ao recomendado na literatura para o processo de salmonificação, sem a necessidade de outros aditivos.
- Apenas 3,45% de óleo de buriti bruto resulta em 30,5 mg/kg de carotenoides totais na musculatura da truta arco-íris.
- 1,75% de óleo de buriti + 1,75% de óleo de soja são capazes de depositar 10,12 mg/kg de carotenoides no filé de truta.

5.1 RESUMO

Este estudo avaliou o efeito de dietas comerciais contendo diferentes níveis de óleo de buriti. As dietas foram: 3,45% de óleo de soja (Tratamento 1 controle); 1,72% de óleo de buriti (25 mg/Kg de carotenoides totais) + 1,72% de óleo de soja (Tratamento 2); 3,45% de óleo de buriti, equivalente a 50 mg/Kg de carotenoides totais (Tratamento 3) e 3,45% de óleo de soja + 10% de cantaxantina, equivalente a 50mg/Kg (Tratamento 4), na pigmentação do filé e desempenho produtivo da truta arco-íris, durante 90 dias. Foram utilizados 168 juvenis de truta arco-íris com peso médio inicial de 103 ± 8 g, distribuídos em 4 tanques de alvenaria. A inclusão de óleo de buriti não influenciou a sobrevivência dos peixes ($P > 0,05$), no entanto, o peso médio final, ganho de peso médio, comprimento total, taxa de crescimento específico e conversão alimentar aparente foram superiores ($P < 0,05$) nas dietas que continham óleo de buriti. O melhor resultado de desempenho foi obtido com a dieta contendo 3,45% de óleo de buriti. A inclusão de 3,45 % óleo de buriti (50 mg kg de carotenoides totais) resultou na deposição de 30,5 mg/kg de carotenoides totais no músculo da truta arco-íris. Concluiu-se que dietas contendo óleo de buriti melhoraram o desempenho produtivo de trutas arco íris e que a inclusão de 3,75% favorece a alta deposição de carotenoides totais no filé.

PALAVRAS-CHAVE: óleo amazônico, *Mauritia flexuosa*, pigmentação de trutas.

5.2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of commercial diets containing different levels of buriti oil. The diets were: 3.45% soybean oil (Tratament 1 control); 1.72% buriti oil (25 mg/kg total carotenoids) + 1.72% soybean oil (Tratament 2); 3.45% buriti oil, equivalent to 50 mg / kg total carotenoids (Tratament 3) and 3.45% soybean oil + 10% canthaxanthin, equivalent to 50 mg / kg Carophyll red (Tratament 4), in fillet pigmentation and productive performance of rainbow trout during 90 days experimental period. It was used 168 juveniles of rainbow trout with initial average weight of 103 ± 8 g, distributed in 4 masonry tanks. The inclusion of buriti oil did not influenced fish survival ($P > 0.05$), however, the final average weight, average weight gain, total length, specific growth rate and apparent feed conversion were higher ($P < 0.05$) in diets containing buriti oil. The best performance result was obtained with a diet containing 3.45% buriti oil. The inclusion of 3.45% buriti oil (50 mg kg total carotenoids) resulted in the deposition of 30.5 mg / kg total carotenoids in the rainbow trout muscle. It was concluded that diets containing buriti oil improves the productive performance of rainbow trout, and the inclusion of 3.75% of buriti oil in the diet favors the high deposition of total carotenoids in the fillet.

Key-words: Amazon oil, *Mauritia flexuosa*, Trout pigmentation.

5.3 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de estudos na área de nutrição animal, a introdução direta dos carotenoides sintéticos responsáveis pela coloração avermelhada na musculatura dos salmões em criadouros foi uma alternativa viável para a salmonização desses animais (STOREBAKKEN & NO, 1992), já que as trutas e salmões apresentam naturalmente carne de cor branca, pois não possuem capacidade de sintetizar os pigmentos responsáveis pela coloração avermelhada no filé (HATA & HATA, 1973; STOREBAKKEN & NO, 1992). No entanto, esses peixes conseguem transferir os carotenoides dos alimentos para os tecidos, o que possibilita o uso de fontes alternativas de pigmentos naturais em rações, para o processo de salmonização, que nada mais é que tornar a carne branca dos salmonídeos avermelhada (TORRISSEN, 1995).

A introdução de fontes de carotenoides nas rações de salmonídeos foi o primeiro passo para a produção de um filé que se assemelhasse ao do pescado oriundo da natureza (TORRISSEN, 1995). Em salmões selvagens, a astaxantina oriunda da ingestão de crustáceos é o principal carotenoide responsável pela coloração avermelhada do filé. Já em salmão de cativeiro, a astaxantina sintética é o pigmento mais utilizado para conferir cor rósea ao filé (TORRISSEN et al., 1989). Vários trabalhos com inclusão de astaxantina visando pigmentar o filé de salmonídeos têm sido reportados por pioneiros da área (TORRISSEN, 1985; TORRISSEN et al., 1989; NO & STOREBAKKEN, 1991), até os dias atuais (YOUNG et al., 2017; LERFALL et al., 2016; BROWN et al., 2016; JARA, 2015; TEJERA et al., 2007).

Contudo, a preocupação dos consumidores com a segurança alimentar, têm estimulado a substituição dos corantes artificiais por pigmentos naturais, por conta dos possíveis benefícios para a promoção da saúde (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016). Segundo Rodriguez-Amaya et al. (2008), os pigmentos naturais podem ser uma alternativa viável para atingir a coloração desejada no filé de salmonídeos, sendo que a utilização de pigmentos naturais voltados a pigmentação de peixes, pode substituir de maneira segura os corantes sintéticos. O Brasil possui uma variedade extraordinária de pigmentos naturais, sendo um dos países mais ricos do mundo em recursos de pigmento natural, merecendo, portanto, esforços para melhorar sua utilização. Partindo deste pressuposto, o uso de pigmentos naturais não se limita apenas a pigmentação do filé de salmonídeos, mas permite conferir também a coloração da pele (FRIES et al., 2014), além de, inferir positivamente no desempenho produtivo e características organolépticas do filé (SAFARI & ATASHI, 2015),

Essas características são importantes para as trutas, pois a criação dessa espécie ocorre, normalmente, em sistema intensivo de criação, consequentemente submetidas a altas densidades de estocagem gerando situação de estresse. Assim, a adição de carotenoides poderá levar a produção de um filé diferenciado, bem como promover a saúde dos peixes, via alimentação balanceada e saudável. A utilização de produtos naturais na criação, mais especificamente na salmonização da truta, é uma característica desejável, pois facilita a entrada do produto em alguns nichos de mercados, como a de produção orgânica e de produtos certificados, que tem crescido nos últimos anos (PULCINI et al., 2012; TUSCHE et al., 2012; MADSEN et al., 2014;; SAFARI & ATASHI, 2014). Dessa forma, o uso de ingredientes alternativos aos carotenoides sintéticos pode ser uma alternativa no processo de salmonização da truta arco-íris.

O buriti é detentor da maior fonte de β -caroteno conhecida no reino vegetal (OLIVEIRA, 2011; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008). Assim, a adição do óleo de buriti na ração como fonte alternativa de pigmentação, poderá substituir os corantes sintéticos utilizados no cultivo de salmonídeos, pois além do elevado poder pigmentante, as altas concentrações de carotenos poderão contribuir para a saúde do peixe, justificando seu emprego. Além de sua capacidade pigmentante, o óleo de buriti também apresenta propriedades antimicrobianas (SILVEIRA et al., 2005), cicatrizantes (BATISTA et al., 2012) e antioxidante (SANTOS et al., 2016).

No entanto, não existem dados na literatura sobre a quantidade ideal de inclusão do óleo de buriti na alimentação de truta arco-íris. Desse modo, o estudo avaliou dietas contendo diferentes níveis do óleo de buriti, como fonte natural na pigmentação da musculatura da truta arco-íris, buscando avaliar os efeitos no desempenho produtivo e deposição de carotenoides totais no músculo.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

Local e estrutura experimental

O trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental de Piscicultura da EPAGRI em Painel – SC, com duração de 90 dias, correspondentes aos meses de abril a julho.

Estrutura experimental

Quatro tanques de alvenaria de formato retangular (4,8x0,45x0,22) com capacidade para 475 L, dotado de sistema de recirculação de água foram utilizados para a alocação dos peixes.

A temperatura e oxigênio dissolvido na água foram mensurados diariamente, duas vezes ao dia com o oxímetro AT 155 microprocessado a prova d'água com memória Alfakit. O pH foi monitorado semanalmente com pHmetro AT 315 S.P microprocessado Alfakit. Os tanques foram equipados com telas de proteção para evitar a fuga dos peixes. As telas consistem em estruturas retangulares confeccionadas em sombrites, com molduras de bambu. Os valores de temperatura média da água e oxigênio dissolvido, monitorados diariamente durante o período experimental, estão representados na Figura 1. A temperatura média quinzenal da água variou de 7,8 °C a 15,3 °C durante a manhã, com média geral de $10,3 \pm 1,02$ °C e no período da tarde variaram de 9,1 °C a 16,2 °C, com média geral de $12,83 \pm 0,92$ °C durante a tarde.

Já os níveis de oxigênio no período da manhã variaram entre 8,16 a 11,54 mg/L com média geral de $9,24 \pm 0,25$ mg/L e no período da tarde variaram entre 10,2 a 10,4 mg/L com média geral de $10,3 \pm 0,47$ mg/L. O pH da água apresentou média geral de 5,5 $\pm 0,17$ durante todo o período experimental.

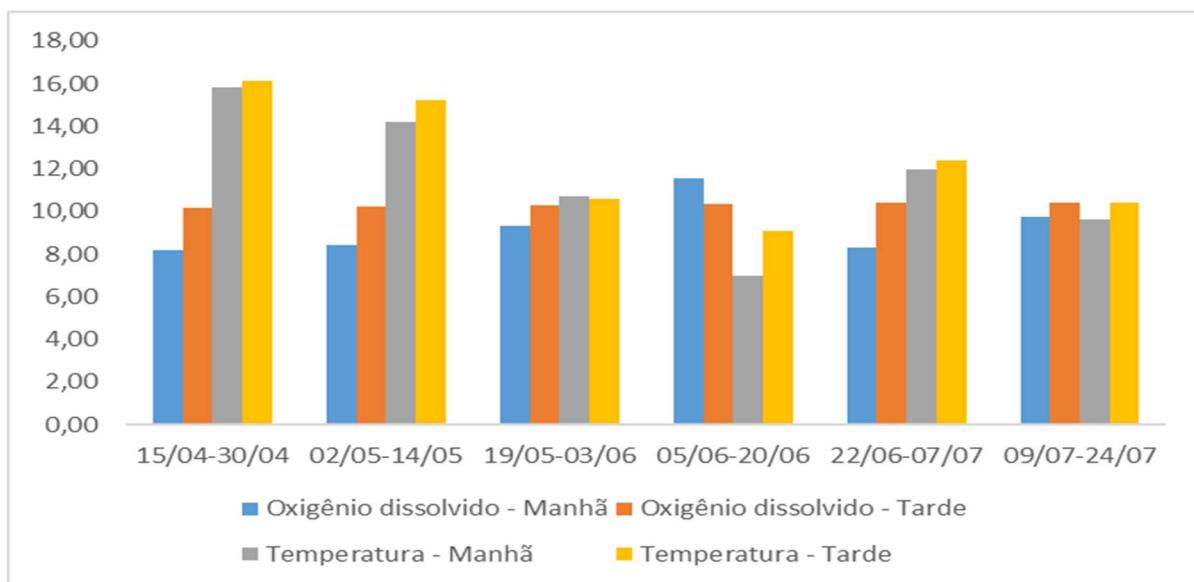


Figura 1. Médias da temperatura da água e oxigênio dissolvido correspondente aos meses de abril a julho no período da manhã e à tarde.

Dietas e manejo alimentar

Para a alimentação dos peixes foi utilizada ração comercial extrusada para peixes carnívoros, contendo 50% de proteína bruta. Os tratamentos receberam diferentes níveis de óleo vegetal (buriti e soja) constituindo os tratamentos descritos na Tabela 1. A cantaxantina sintética foi adicionada manualmente aos grãos de ração e seca em estufa por 24 horas.

Tabela 1. Dietas experimentais extrusada utilizadas na alimentação de truta arco-íris.

Tratamento 1	Tratamento 2
3,45% de óleo de soja (Controle)	1,72 % de óleo de buriti + 1,72% de óleo de soja (25 mg/Kg de carotenoides totais)
Tratamento 3	Tratamento 4
3,45% de óleo de buriti (50 mg/Kg de carotenoides totais)	10% de cantaxantina sintética <i>Carophyll red</i> (50 mg/Kg)

Tabela 2. Composição da dieta comercial extrusada utilizada para truta arco-íris.

Tabela 2. Composição da dieta comercial extrusada utilizada para truta arco-íris.

Ingredientes	DF
Farinha de peixe	60,96
Farelo de glúten 60%	27,3
Quirera de arroz	10,63
Suplemento vitamínico e mineral	0,87
Vitamina C	0,11
Antioxidante	0,03
Acidificante	0,11
SOM A	100

Níveis de garantia por quilograma de ração segundo o fabricante: 3 mg/kg de ácido fólico; 45 mg/kg de ácido pantotênico; 0,30 mg/kg de biotina; 1,500 mg/kg de colina; 2,25 mg/kg de cobalto; 15 mg/kg de cobre; 300 mg/kg de ferro; 1,5 mg/kg de iodo; 60 mg/kg de manganês; 150 mg/kg de niacina; 0,45 mg/kg de selênio; 22,500 UI de vitamina A; 15 mg/kg de vitamina B1; 75 µg de vitamina B12; 30 mg/kg de vitamina B2; 18 g/kg de vitamina B6; 850 mg/kg de vitamina C; 4,800 UI de vitamina D3; 850 mg/kg de vitamina C; 4,800 UI de vitamina D3; 120 mg/kg de vitamina E; 4,5 mg/kg de vitamina K; 90 mg/kg de Zinco; 1,65 x 10^6 de bacillus subtilis; 1,65 x 10^6 bacillus coagulans, 1,65 x 10^6 bacillus licheniforms.

Manejo alimentar

Como fonte de carotenoides na ração foi utilizado óleo de buriti adquirido da cooperativa Buriticoop no município de Palmeira do Piauí – PI. O óleo de buriti foi incorporado manualmente a ração por aproximadamente 10 minutos e armazenado em freezer até sua utilização. A ração foi pesada diariamente e oferecida aos peixes três vezes nos horários das 08:00, 12:00 e 17:00 horas.

Peixes e procedimento experimental

Cento e oitenta juvenis de truta arco-íris com peso médio de 103 ± 8 g gramas foram adquiridos da Associação Catarinense de Truticultores – ACATRUTA. Os peixes foram alojados em quatro tanques de alvenaria de formato retangular, contendo 42 peixes em cada tanque, totalizando 168 peixes. Neste estudo, os peixes foram considerados como repetições. A cada 30 dias foram realizadas biometrias em todos os peixes, com registro do peso médio (PM), ganho de peso (GP: peso final - peso inicial), comprimento total (CT), taxa de crescimento específico (TCE: Ln peso final - Ln peso inicial/ tempo em dia), conversão alimentar (CA=consumo de ração/ganho em peso) e sobrevivência (S) = [total de animais final/total de animais inicial] x 100).

Quantificação dos carotenoides no óleo de buriti

Inicialmente foi determinação a quantidade de carotenoides totais presentes no óleo de buriti por espectrofotometria utilizando-se uma curva de calibração prévia de padrão de B-caroteno (Sigma-Aldrich) e pelo método de FISH (2012), com pequenas modificações. Foram pesadas alíquotas de 100 μ L de óleo de polpa de buriti em balança de precisão Mettler-Toledo AB204, as quais foram diluídas em 10 mL de acetona e agitado por 10 segundos para completa solubilização. Com o intuito de preservar os carotenoides durante as etapas de análise, as amostras foram mantidas em gelo e protegidas da luminosidade com a utilização de papel alumínio no frasco que continha a amostra, conforme recomendado por Takahashi & Tabata (2007). Depois de solubilizadas, as amostras foram diluídas 1:1 com o mesmo solvente (acetona) e as absorbâncias medidas em espectrofotômetro a 450 nm, 452 nm e 503 nm.

A curva de calibração foi realizada com 25 a 500 μ g de B-caroteno, diluído em metanol:hexano:éter etílico (8:1:1). Previamente a quantificação do teor de B-caroteno no óleo de polpa de buriti, foi realizado ensaio para determinar a solubilidade do óleo em 3 solventes: acetona, etanol e hexano. Após teste de solubilização, a acetona foi o solvente selecionado. Desta forma, a absorbância da acetona contra o branco do sistema de solvente do padrão (metanol:hexano:éter etílico, 8:1:1 - único disponível, já solubilizado para análise em HPLC e armazenado em freezer -20º C protegido da luz), foi considerada como Branco da curva de calibração. As análises de determinação de carotenoides no óleo de polpa de buriti foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Bromatologia da Universidade do Vale do Itajaí, localizado em Itajaí – SC. De acordo com a equação de Fish (2012), o teor de B-caroteno no óleo de Buriti foi de 1449 mg / L.

Determinação de carotenoides totais no filé de truta arco-íris

Foram coletados 5 gramas de amostra de cada tratamento e posteriormente mantidas em freezer até a realização das análises. As amostras foram acondicionadas em caixas de isopor e encaminhadas ao laboratório de Reprodução Animal da UDESC/CAV – Lages SC, para a realização das análises conforme metodologia adaptados de Hata e Hata (1971) e Moriel et al. (2004). Amostras de 0,5 gramas foram pesadas e colocadas em tubos falcon contendo 2 mL de DMSO (dimetilsulfóxido) o qual permaneceu em descanso por 30 minutos. Para evitar exposição da amostra à luz, o tubo falcon foi revestido externamente com papel alumínio. Após o período de descanso, o preparado foi alocado no almofariz e adicionado 6 mL de acetona. A amostra foi misturada e macerada delicadamente com o pistão de porcelana para a extração dos carotenoides. Para a completa extração, a amostra foi lavada 4 vezes com acetona até o músculo apresentar ausência de cor. Com o auxílio de uma pipeta, foi retirado o sobrenadante das quatro lavagens e acondicionados em frasco envolto por papel alumínio.

Após as lavagens, os sobrenadantes foram filtrados em filtro de papel afim de eliminar os resíduos do músculo. Em seguida, foi adicionado 10 ml de solução de cloreto de sódio (200 g/L), os sobrenadantes e 10 mL de éter de petróleo em um funil de separação. Após a primeira separação, solução aquosa foi separada da solução etérea. Em um segundo momento, a solução aquosa foi adicionada ao funil com a adição de mais 5 mL de éter de petróleo. Esse procedimento foi realizado duas vezes.

As fases etéreas foram então filtradas em funil de Buchner, com papel filtro contendo sulfato de sódio anidro, para a retira da água remanescente. A quantidade do filtrado foi registrada e acondicionado em frasco âmbar para a realização das leituras em espectrofotômetro. As leituras das amostras foram realizadas no laboratório de fertilidade do solo do CAV/UDESC, com a utilização de espectrofotômetro UV com comprimento de onda de 474 e utilizado o éter de petróleo como branco. A determinação da concentração celular dos carotenoides obtidas no final do processo foi realizada utilizando-se a equação abaixo, sabendo-se que a absorvividade específica para carotenoide total é $A1\% 1\text{cm} = 1.600$.

$$\text{Py} = (\text{AD})/(0,16\text{Pt})$$

Onde: Py = concentração celular de cada carotenoide no final do processo (mg carotenoide total/ g músculo)

A = absorbância

D = fator de diluição (25 mL)

Pt = peso do músculo (g)

Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e os dados analisados por one-way ANOVA e posteriormente comparados pelo teste de Tukey ($P<0,05$). Teste de Levene para homocedasticidade e teste de Cramer von Mises para normalidade. Para as análises foi utilizado o programa estatístico “Statistical Analysis System” (SAS Institute, versão 8.0).

5.5 RESULTADOS

Os dados de desempenho produtivo obtidos ao final dos 90 dias de experimento estão apresentados na Tabela 3. Os diferentes tratamentos influenciaram no desempenho produtivo ($P<0,05$) das trutas arco-íris. Os melhores resultados para peso médio final, ganho de peso médio, comprimento total, taxa de crescimento específico e conversão alimentar aparente ($P<0,05$), foram observados nos tratamentos contendo óleo de buriti, independentemente do nível de inclusão (tratamento 2 e 3). O tratamento 4 demonstrou resultados inferiores quando comparado aos outros tratamentos em todos os parâmetros do desempenho produtivo.

Com exceção da conversão alimentar aparente (CAA), o tratamento 1 proporcionou menor resultado em todos os parâmetros de desempenho produtivo ($P<0,05$) em relação aos tratamentos 2 e 3. Não houve influência dos diferentes tratamentos ($P>0,05$) na sobrevivência das trutas arco-íris.

Tabela 3. Desempenho produtivo de truta arco-íris alimentada com óleo de buriti e óleo de soja.

Desempenho produtivo	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Peso médio final	260,3 ^b	280,0 ^a	297,8 ^a	181,6 ^c
Ganho de peso médio	167,7 ^b	174,1 ^a	178,4 ^a	78,6 ^c
Comprimento (cm)	27,6 ^b	28,8 ^a	30,4 ^a	24,7 ^c
TCE	1,4 ^b	1,7 ^a	1,7 ^a	0,78 ^c
CAA	1,7 ^a	1,8 ^a	1,8 ^a	1,9 ^b
Sobrevivência (%)	99	99	99	99

Médias com diferentes letras diferem estatisticamente entre si ($P<0,05$). TCE: Taxa de crescimento específico; CAA: Conversão alimentar aparente. Tratamento 1: 3,45% de óleo de soja (controle); Tratamento 2: 1,72% de óleo de buriti (25 mg/kg de carotenoides totais) e 1,72% de óleo de soja; Tratamento 3 - 3,45% de óleo de buriti (50 mg/kg de carotenoides totais); Tratamento 4: 10% cantaxantina Carophyll red (50 mg/kg) e 3,45% de óleo de soja.

A quantidade de carotenoides totais contida no músculo da truta arco-íris está apresentada na Tabela 4. Os tratamentos tiveram influência significativa ($P<0,05$) na quantidade de carotenoides no músculo das trutas. O tratamento 1 (dieta controle), contendo 3,45% de óleo de soja resultou na menor quantidade ($P<0,05$) de carotenoides no filé dos peixes (2,87mg/Kg). A adição de 1,72% de óleo de buriti + 1,72% de óleo de soja (T2) elevou a quantidade de carotenoides para 10,12 mg/Kg, valor superior ao obtido com 10% de cantaxantina + 3,45% de óleo de soja (4,12 mg/Kg). Já os peixes alimentados 3,45% de óleo de buriti (T3) apresentaram quantidade significativamente superior de carotenoides (30,5 mg/Kg) ao final dos 90 dias experimentais.

Tabela 4. Quantidade de carotenoides (mg/Kg) no filé de truta arco-íris alimentadas com diferentes dietas contendo óleo de soja (OS) e óleo de buriti (OB).

Tratamentos	Carotenoides totais (mg/Kg)
T1 -3,45% OS	2,87 ^d
T2 -1,72% OB + 1,72% OS	10,12 ^b
T3- 3,45% OB	30,5 ^a
T4 - 10% cantaxantina + 3,45% OS	4,12 ^c

Valor de $F = 6,44$; $P = 0,00252$. Anova e teste Tukey 5% de probabilidade. Teste de Levene para homocedasticidade e teste de Cramer von Mises para normalidade. Tratamento 1: 3,45% de óleo de soja; T2- 1,72% de óleo de buriti (25 mg/Kg carotenoides totais) + 1,72% de óleo de soja; T3 - 3,45% de óleo de buriti (50 mg/Kg de carotenoides totais); T4 - 10% de cantaxantina sintética *Carophyll red* +3,45% de óleo de soja.

5.6 DISCUSSÃO

A utilização de diferentes fontes lipídicas na dieta de peixes tem sido importante na saúde e desempenho produtivo (ADORIAN et al., 2017; ARAÚJO et al., 2015; SPERONI, 2015; LOSEKANN et al., 2008). Assim, a necessidade do conhecimento da matéria-prima é essencial para possibilitar a manipulação da dieta. O óleo de peixe é o ingrediente mais utilizado no cultivo de salmonídeos, no entanto, sua demanda exige grande quantidade de “peixes forrageiros” o que eleva os custos. Essa dependência do óleo de peixe pela indústria salmoneira tem induzido os pesquisadores a buscar produtos alternativos, como os óleos vegetais (TSUJII, 2018; YILDIZ et al., 2018; ADORIAN et al., 2017; PEREIRA et al., 2011; LOSEKANN et al., 2008; RIBEIRO et al., 2008; MAKOTO et al., 2006). No entanto, como as trutas e salmões são considerados peixes carnívoros, existe certa resistência na inclusão de ingredientes vegetais na dieta (COLLINS et al., 2012).

Todavia, diferentes trabalhos demonstraram que a completa substituição do óleo de peixe por óleo vegetal tem sido exitosa (YILDIZ et al., 2018; YILDIZ et al., 2015;

WIJEKOON et al., 2014; YILDIZ et al., 2013). Estudos que sustentam essa hipótese (TSUJII, 2018; YILDIZ et al., 2018; ADORIAN et al., 2017; PEREIRA et al., 2011; RIBEIRO et al., 2008) demonstraram melhora na resposta imunológica e no desempenho produtivo dos peixes. (PIEDECAUSA et al., 2007).

Apesar da gama de óleos vegetais já utilizados no setor aquícola (YILDIZ et al., 2015; ADORIAN et al., 2017; SPERONI, 2015; LOSEKANN et al., 2008; PIEDECAUSA et al., 2007), a utilização do óleo de buriti ainda não foi avaliada. O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é oriundo da região Amazônica e destaca-se por deter elevado valor nutricional (LOUREIRO et al., 2013). Segundo Yuyama et al. (1998), o fruto revela-se como excelente fonte de vitamina A concentrada e altamente biodisponível, bem como, elevados teores de carotenoides totais, sendo o β -caroteno o principal constituinte (SPERANZA et al., 2018; LIMA et al., 2009; MANHÃES, 2007).

Apesar desta gama de atributos, não se encontra na literatura trabalhos correlacionando a utilização do óleo de buriti na pigmentação de salmonídeos. Neste estudo, foram utilizados diferentes níveis de inclusão do óleo de buriti na dieta de truta arco-íris, sendo avaliado seus efeitos na pigmentação do músculo branco e no desempenho produtivo. A dieta contendo 3,45% de óleo de buriti, que corresponde a 50 mg/Kg de carotenoides totais, proporcionou deposição de 30,5 mg/Kg de carotenoides totais no músculo da truta arco-íris.

Embora vários trabalhos voltados a pigmentação do músculo de salmonídeos tenham sido reportados por pioneiros da área (NO & STOREBAKKEN, 1991; TORRISSEN, 1989; TORRISSEN, 1985), até os dias atuais (YOUNG et al., 2017; LERFALL et al., 2016; BROWN et al., 2016; JARA, 2015; TEJERA et al., 2007), não se encontra na literatura nenhum pigmento natural ou sintético capaz de depositar níveis tão elevados de carotenoides no músculo da truta arco-íris como os aqui reportados. Os melhores resultados descritos na literatura (YESILAYER et al., 2013) relatam a deposição de 10,07 mg/Kg de carotenoides no músculo de truta arco-íris alimentadas com 70 mg/Kg de cantaxantina sintética durante 60 dias. Embora o método de quantificação de carotenoides proposto por Yesilayer et al (2013), apresente algumas diferenças quando comparadas a do presente estudo.

Neste estudo, níveis de 10,05 mg/Kg de carotenoides foram obtidos na dieta contendo 25 mg/Kg de carotenoides totais, dieta está contendo apenas 1,75% de óleo de buriti + 1,72% de óleo de soja. Essa expressiva quantidade deve-se ao fato de o óleo de buriti ser considerado a maior fonte de β -caroteno conhecida no reino vegetal (OLIVEIRA, 2011;

RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008). De acordo com Campos e Rosado (2005), a absorção e biodisponibilidade de β -caroteno *via* óleo é maior quando comparado a outras formas físicas (pó/água).

A aplicação dos pigmentos naturais na salmonicultura está bem caracterizada, tanto para a pigmentação do filé (YOUNG et al., 2017; ARAÚJO et al., 2016; YANAR et al., 2016), quanto para a pigmentação da pele (SING & KUMAR, 2016; FRIES et al., 2014). Os pigmentos naturais não constituem ameaça ao meio ambiente, podendo ser ofertados como pigmentos carotenoicos, flavonóicos, antociânicos e clorofílicos, através de folhas, raízes, cascas e pétalas de flores (RICHHARIYA et al., 2017).

Além de pigmentar o músculo, as fontes naturais de carotenoides podem melhorar a resposta imune (AMAR et al., 2004), com a eliminação do oxigênio reativo (SHEIKHZADEH, 2013) de salmonídeos. Segundo Sheikhzadeh (2013), os lipídios da membrana plasmática dos leucócitos exercem um efeito estabilizador ou protetor contra os danos oxidativos, aumentando a proliferação das células de defesa. O óleo de buriti apresenta esta importante característica (SILVA, 2002), sugerindo uma gama de aplicabilidades na dieta de salmonídeos.

A deposição dos carotenoides ocorre no músculo branco dos salmonídeos através do complexo astaxantina-actomiosina. O anel β -ionona presente na astaxantina liga-se no sítio hidrofóbico localizada na superfície da actomiosina (KIESSLING et al., 1991; HENMI et al., 1989; POZZO et al., 1988; HENMI et al., 1987). A astaxantina destaca-se por apresentar forte ligação ao complexo, pois origina duas ligações de hidrogênio por cada anel β -ionona. Segundo os autores, essa ligação também acontece com outros carotenoides, embora apresente menor afinidade com o β -caroteno. No entanto, estudos recentes, sugerem que a deposição de carotenoides no músculo branco dos salmonídeos não é limitada pela capacidade de ligação das proteínas miofibrilares aos carotenoides, mas pelas diferenças no metabolismo ou no transporte do pigmento (YOUNG et al., 2017; MATTHEWS et al., 2006; SAHA et al., 2005). A segunda hipótese corrobora com os resultados encontrados neste estudo, pois o β -caroteno é o principal carotenoide do óleo de buriti, e apresentou elevada deposição no músculo da truta arco-íris. Todavia, novos estudos devem ser desenvolvidos, buscando elucidar o papel das proteínas musculares na retenção de carotenoides no músculo do salmão do Atlântico.

Para que haja aceitação no mercado consumidor, são exigidos níveis mínimos de 8 mg/Kg de astaxantina no filé dos salmonídeos (TORRISSEN, 1996). Por conta disso, muitos autores têm adicionado elevadas doses (30 a 200 mg/Kg) na dieta de peixes

(NOORI & RAZI, 2017; BJERKENG et al., 2007; OLSEN & BAKER, 2006; TORRISSEN, 1995; STOREBAKKEN & NO, 1992). No entanto, tem sido observado baixa retenção de carotenoides no músculo (STRUKSNAES et al., 2005; STOREBAKKEN & NO., 1992), possivelmente, pela baixa digestibilidade/absorção da astaxantina (STOREBAKKEN & NO., 1992 , STRUKSNAES et al., 2005). Os níveis de deposição de astaxantina no músculo dos salmonídeos, quando submetidos a doses acima de 60 mg/Kg, não potencializa a pigmentação no filé devido ao efeito platô adquirido (TORRISSEN et al., 1995).

Os teores de carotenoides totais, encontrados no óleo de buriti avaliado foi de 1449 mg/L, o que está de acordo com os relatados por vários autores, com valores desde 540 mg/Kg a 2780 mg/Kg. (SPERANZA et al., 2018; FREITAS et al., 2017; SANTOS et al., 2015; LIMA et al., 2009; SILVA et al., 2009; ALBUQUERQUE et al., 2005), dos quais 90% é constituído pelo β -caroteno. Este carotenoide possui 100% de atividade pro vitamínica A, pois dá origem a duas moléculas de retinol (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008). De acordo com alguns autores, o retinol tem a capacidade de expandir as micelas mistas favorecendo a solubilização do β -caroteno que se encontra no núcleo das micelas aumentando sua biodisponibilidade. Isso explica a elevada deposição de carotenoides totais no filé de truta arco-íris (BOREL et al., 1996; CAREY & HERNEL, 1992; EL-GORAB & UNDERWOOD, 1973).

A composição das dietas comerciais de salmonídeos pode alcançar níveis de 40% de inclusão de lipídios (OLSEN et al., 2005; TORRISSEN, et al., 1995), pois elevados níveis de lipídios na dieta proporciona aumento linear na pigmentação de astaxantina no filé (CHAN et al., 2002; NICKELL & BROMAGE, 1998; TORRISSEN, 1996; CHRISTIANSEN et al, 1995). No presente estudo, a utilização de 3,45% de óleo de buriti que corresponde a 50 mg/kg, foi o suficiente para depositar 30,5 mg/Kg. Já a dieta contendo 1,72% de óleo de buriti + 1,72% de óleo de soja que corresponde a 25 mg/Kg obteve deposição de 10,5 mg/Kg, sugerindo sua capacidade em substituir a astaxantina sintética, pois permite atingir a exigência de 8 mg/Kg de carotenoides totais no filé. De acordo com Page & Davies (2006), os salmonídeos apresentam especificidade quanto a absorção de carotenoides no músculo. Segundo os autores, a astaxantina foi melhor absorvida pela truta arco-íris, enquanto a cantaxantina apresenta alta eficiência de absorção no salmão Atlântico. Isso pode explicar o baixo teor de carotenoides totais (4,12 mg/Kg), depositados no músculo da truta arco-íris encontrado neste estudo. Esta melhor eficiência da astaxantina comparada a cantaxantina, em truta arco-íris, já foi bem documentada (BRIZIO et al., 2013;

CHOUBERT & BACCAUNAUD, 2010; PAGE & DAVIE, 2006; BJERKENG et al., 1992).

Diversos estudos demonstraram que a inclusão de fontes naturais de carotenoides na dieta da truta arco-íris pode melhorar a imunidade humoral dos peixes, proporcionando bons resultados no desempenho produtivo (SHEIKHZADEH, 2013; AMAR et al., 2004; AMAR et al., 2000). Embora o óleo de buriti apresente inúmeras importantes propriedades nutricionais, praticamente não existem relatos de seu emprego no cultivo de peixes. Speroni (2015), cultivaram juvenis de jundiá de 202 g, utilizando dietas contendo *blend* de óleo de buriti + óleo de murumuru e óleo de buriti esterificado enzimaticamente e obtiveram bons valores de peso final, comprimento total, taxa de crescimento específico e conversão alimentar. Com relação ao cultivo de trutas arco-íris, este trabalho se constitui um dos primeiros estudos que avalia seus efeitos no desempenho produtivo. Foram observados resultados superiores para peso médio final, ganho em peso médio e comprimento total e taxa de crescimento específico nas dietas contendo óleo de buriti (dieta 2 e 3). A dieta 3, contendo 3,45% de óleo de buriti (50 mg/Kg de carotenoides totais), apresentou peso médio de 297,8 g enquanto a dieta 2, com 1,72% de óleo de buriti + 1,72% de óleo de soja, obteve peso de 280,0 g.

É sugerido que a presença de fatores antinutricionais, em alimentos de origem vegetal, podem comprometer o funcionamento digestivo dos peixes (ARAÚJO, et al., 2016; LOPES et al., 2010). Todavia, mesmo não sendo pesquisados fatores antinutricionais ou a possível toxicidade do óleo de buriti em dietas para truta arco-íris, os dados obtidos neste estudo permitem sugerir que o óleo de buriti não possui efeito tóxico ou fatores antinutricionais para as trutas arco-íris, possibilitando indicar sua utilização na ração.

5.7 CONCLUSÕES

Conclui-se que dietas contendo óleo de buriti melhoraram o desempenho produtivo de trutas arco íris.

O estudo demonstrou o potencial do óleo de buriti como fonte natural de carotenoides na pigmentação do filé de truta arco-íris, podendo substituir os corantes sintéticos. A inclusão de 3,45% de óleo de buriti proporciona uma alta taxa de carotenoides na musculatura.

O óleo de buriti não causou impactos negativos para o crescimento das trutas, sendo importante uma maior investigação para elucidar as complexas interações e processos envolvidos na absorção de carotenoides.

5.8 REFERÊNCIAS

- ADORIAN, T. J., et al. Utilização de óleos vegetais em dietas para juvenis de piava (*Leporinus obtusidens*). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.2, 2017.
- ALBUQUERQUE, M. L. S. C., et al. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) Oil by Absorption and Emission Spectroscopies. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6A, pag. 1113-1117, 2005.
- AMAR, E. C., et al. Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W) associated with dietary intake of carotenoids from natural products. **Fish & Shellfish Immunology**, v.16, n.4, p.527-537, 2004.
- AMAR, E. C., et al. Effects of dietary b-carotene on the immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Fisheries Science**, v.66, pag.1068–1075, 2000.
- ARAÚJO, M., et al. Dietary inclusion of IMTA-cultivated *Gracilaria vermiculophylla* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on growth, intestinal morphology, tissue pigmentation, and immunological response. **Journal of Applied Phycology**, v.28, n. 1, pag. 679-689, 2016.
- ARAÚJO, D. M., et al. Perfil hematológico de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes lipídeos e estimuladas por baixa temperatura. **Revista Caatinga**, v.28, n. 1, 2015.
- BATISTA, J. S., et al. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti. **Ciência Rural**, v.42, n.1, pag.136-141, 2012.
- BJERKENG, B., et al. Pigmentation of rainbow trout from start feeding to sexual maturation. **Aquaculture**, v.108, n.3, pag.333-346, 1992.
- BJERKENG, B., et al. Digestibility and muscle retention of astaxanthin in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with the red yeast *Phaffia rhodozyma* in comparison with synthetic formulated astaxanthin. **Aquaculture**, v.269, n. 1-4, pag.476-489, 2007.
- BOREL, P., et al. Carotenoids in biological emulsions: solubility, surface-to-core distribution, and release from lipid droplets. **Journal of Lipid Research**, v. 37, pag. 250-261, 1996.

BRIZIO, P., et al. Astaxanthin and Canthaxanthin (Xanthophyll) as Supplements in Rainbow trout Diet: In Vivo Assessment of Residual Levels and Contributions to Human Health. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n.46, 2013.

BROWN, K. R., et al. Retention of Fillet Coloration in Rainbow Trout After Dietary Astaxanthin Cessation. **Fisheries and Aquaculture Journal**, v.7, 2016.

CAMPOS, F. M., ROSADO, G. P. Novos fatores de conversão de carotenoides pró vitamínicos A. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.25, n.3, pag.571-578, 2005.

CAREY, M.C., HERNEL, O. Digestion and absorption of fat. **Seminars in gastrointestinal disease**, v.3, pag. 189-208, 1992.

CASTELLANOS, L. M., et al. Manejo de *Mauritia flexuosa* l.f. para la producción de artesanías en la altillanura colombiana. **Colombia Forestal**, v. 20, n.1, pag. 85-101, 2017.

CEZARE-GOMES, E. A., et al. Potential of microalgae carotenoids for industrial application. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.188, n.3, pag.602-634, 2019.

CHAN, J. C. K, et al. Effects of feeding diets containing various dietary protein and lipid ratios on the growth performance and pigmentation of post-juvenile coho salmon *Onchorynchus* Kisutch reared in sea water. **Aquaculture Research**, v.33, n. 14, pag. 1137-1156, 2002.

CHIMSUNG, N. et al. Effects of various dietary on astaxanthin absorption in Atlantic salmon. **Aquaculture Research**, v.45, n. 10, pag.1611-1620, 2014.

CHOUBERT, G.; BLANC, J.M. Flesh colour of diploid and triploid Rainbow trout fed canthaxanthin. **Aquaculture**, v. 47, pag. 299-304, 1985.

CHOUBERT, G., BACCAUNAUD, M. Effect of moist or dry heat cooking procedures on carotenoid retention and colour of fillets of rainbow trout (*Onchorynchys mykiss*) fed astaxanthin or canthaxanthin. **Food Chemistry**, v.119, n.1, pag.265-269, 2010.

CHRISTIANSEN, R., et al. Assessment of flesh colour in Atlantic salmon, *Salmo salar L.* **Aquaculture Research**, n.26, pag.311-321, 1995.

COLLINS, S. A., et al. The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation. **Aquaculture**, v.344-349, pag.90-99, 2012.

COSTA, D. V., et al. Parâmetros hematológicos de tilápia-do-Nilo alimentadas com dietas com diferentes fontes de óleo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.3, 2014.

EL-GORAB. M., UNDERWOOD, B.A. Solubilization of beta-carotene and retinol into aqueous solutions of mixed micelles. **Biochimica et Biophysica Acta - Lipids and Lipid Metabolism**, v.306, n. 1, pag.58-66, 1973.

FISH, W. W. Refinements of the attending equations for several spectral methods that provide improved quantification of -carotene and/or lycopene in selected foods. **Postharvest Biology and Technology**, v.66, pag.16-22, 2012.

FREITAS, E. R., et al. Potencial do urucum e seus resíduos para pigmentação dos produtos avícolas. 2017. **Anais...** In: XX Seminário Nordestino de Pecuária. Fortaleza – Ce.

FRIES, E. M., et al. Urucum em dietas para alevinos de Kinguio Carassius auratus: desempenho produtivo e pigmentação da pele. Semina: **Ciências Agrárias**, vol.35, n. 6, 2014.

HATA, M., HATA, M. Studies on astaxanthin formation in some fresh-water fishes. **Tohoku Journal os Agricultural Research**, v.24, n.4, 1973.

HATA, M.; HATA, M. Carotenoid Pigments in goldfihhs (Carassius auratus): I. Composition and distribution of carotenoids. **International Journal of Biochemistry**, v. 2, n. 7, p. 11-19, 1971.

HENMI, H., et al., 1987. Studies on the carotenoids in the muscle of salmons. I. Intracellular distribution of carotenoids in the muscle. **Tohoku Journal of Agricultural Research**, v.37, pag.101-111, 1987.

HENMI, I. I., 1989. Astaxanthin and/or canthaxanthin-actomyosin complex in salmon muscle. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v.55, pag.1583- 1589, 1989.

JARA, G. P. G. Producción de Astaxantina a partir de la microalga *Haematococcus Pluvialis*. 2015. Monografia. Disponível em: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4183/1/UDLA-EC-TIB-2015-04%28S%29.pdf>///+33. Acessado em: 29/10/2019.

KIESSLING, A., et al. Changes in structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout in relation to ration and age. II. Activity of key enzymes in energy metabolism. **Aquaculture**, v.93, pag.357-372, 1991.

LERFALL, J., et al. A comparative study of organic-versus conventional Atlantic Salmon. II. Fillet color, carotenoid –and fatty acid composition as affected by dry salting, cold smoking and storage. **Aquaculture**, v.451, 2016.

LIMA, A. L. S., et al. Avaliação dos efeitos da radiação gama nos teores de carotenoides, ácido ascórbico e açucares do fruto buriti do brejo (*Mauritia flexuosa* L.). **Acta amazônica**, v.39, 2009.

LOSEKANN, M. E., et al. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. **Ciência Rural**, v.38, n.1, pag. 225-230, 2008.

LOPES, J.M., et al. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.519-526, 2010.

LOUREIRO, M. N., et al. Armazenamento do buriti em pó: efeito da embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, tv.29, n.5, 2013.

MADSEN, L. et al. **Organic diets are equally good for rainbow trout fry as conventional diets**. ICROFS news, v.4, 2014. Disponível em: <http://orgprints.org/28102>. Acessado em: 02/11/2019.

MAKOTO, M., et al. Influence of diets enriched with different vegetable oils on the performance and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Acta Scientiarum Technology**, v.28, n.2, 2006.

MANHÃES, L. R. T. **Caracterização da polpa de buriti**: um potente alimento funcional. 2007.78f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

MATTHEWS, S. J., et al. Astaxanthin binding protein in Atlantic salmon. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.144, n. 2, pag.206-214, 2006

MORIEL, D. G. et al. Optimization of biomass and astaxanthin production by the yeast *Phaffia rhodozyma*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 3, p. 421-424, 2004.

NICKELL, D.C., BROMAGE, N.R. The effect of dietary lipid level on variation of flesh pigmentation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.161, pag.237-251, 1998.

NO, H. K.; STOREBAKKEN, T. Pigmentation of rainbow trout with astaxanthin at different water temperatures. **Aquaculture**, v.97, pag. 203-216, 1991.

NOORI, A., RAZI, A. Effects of dietary astaxanthin on the growth and skin and muscle pigmentation of sexually immature rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Teleostei: Salmonidae). **Iranian Journal of Ichthyology**, v.4, n. 4, pag.361-372, 2017.

OLIVEIRA, D. L. Viabilidade econômica de algumas espécies medicinais nativas do cerrado. **Estudos**, v.38, n.2, pag. 301-332, 2011.

OLSEN, R. E., et al. Effect of lipid source and bile salts in diet of Atlantic salmon, *Salmo salar*, **Aquaculture**, v.250, n.3-4, pag.804-812, 2005.

OLSEN, R. E., BAKER, R. T. M. Lutein does not influence flesh astaxanthin pigmentation in the Atlantic salmon (*Salmo* *salar* L.) **Aquaculture**, v.258, n.1, pag.558-564, 2006.

PACHECO, S. Carotenoides e vitamina A. Acessado em: 03/10/2019. Disponível em: <http://www.cromatografialiquida.com.br/carotvita.htm>.

PAGE, G. I., DAVIES, S. J. Tissue astaxanthin and canthaxanthin distribution in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo* *salar*). **Comparative Biochemistry and Physiology**. Part A: Molecular & Integrative Physiology, v.143, pag.125-132, 2006.

PEREIRA, M. C., et al. Óleos vegetais em rações para o híbrido tambacu (macho *Piaractus mesopotamicus* x fêmea *Colossoma macropomum*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.2, 2011.

PIEDECAUSA, M. A., et al. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). **Aquaculture**, v. 263, n. 1–4, p. 211–219, 2007.

POZZO, R., Lavety, J. and Love, R.M., 1988. The role of dietary a-tocopherol (vitamin E) in stabilising the canthaxanthin and lipids of rainbow trout muscle. **Aquaculture**, 73: 165–175.

PULCINI, D. et al. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) develop a more robust body shape under organic rearing. **Aquaculture Research**, 2012.

RIBEIRO, P. A. P., et al. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, pag. 1331-1337, 2008.

RICHHARIYA, G., et al. Natural dyes for dye sensitized solar cell: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.69, 2017.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., et al. **Fontes Brasileira de carotenoides**: Tabela Brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: MMA/SBF, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Natural food pigments and colorants. **Current Opinion in Food Science**, v.7, 2016.

SAFARI, O., ATASH, M. M. S. The effects of dietary supplement of annatto (*Bixa orellana*) seed meal on blood carotenoid content and fillet color stability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.437, pag.275-281, 2015.

SAFARI, O., ATASH, M. M. **Study on the different levels of annatto (*Bixa orellana*) seed meal in the diet on some biological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)**. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 2014.

SAHA, M. R., et al. Development of a method to assess binding os astaxanthin to Atlantic salmon *Salmo salar L.* muscle proteins. **Aquaculture Research**, v.36, pag.336-343, 2005.

SANTOS, S. O., et al. Avaliação da Capacidade antioxidante e do Potencial antimicrobiano do Óleo extraído do Fruto de Mauritia flexuosa (Buriti). **Anais...** 18^a Semana de Pesquisa da Universidade Tiradentes. “A prática interdisciplinar alimentado a Ciência”, Aracaju – SE. 24 a 28 de outubro 2016.

SANTOS, M. F. G., et al. Carotenoid composition in oils obtained from palm fruits from the Brazilian Amazon. **Grasas y Aceites**, v.66, n. 3, 2015.

SHEIKHZADEH, N. Influence of Dietary Vegetable Crops on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Immune System and Growth Performance. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 41, 2013.

SILVA, C. R. **Bioativos tropicais com eficácia comprovada**. Cosmetics e Toiletries, v.14, n.1, 2002.

SILVA, F. V., et al. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-Nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.8, 2009.

SILVEIRA, C. S., et al. Atividade antimicrobiana dos frutos de Syagrus oleracea e Mauritia vinifera. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.2, pag.143-148, 2005.

SING, R. N., KUMAR, A. Beetroot as a carotenoid source on growth and color development in Red Swordtail (*Xiphophorus helleri*) Fish. **Imperial Journal of Interdisciplinary Research**, v.2, 2016.

SPERONI, C. S. **Suplementação de jundiás com óleos da Amazônia**: Desempenho, composição química e estabilidade oxidativa de filés. 2015. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SPERANZA, P., et al., Improving the chemical properties of Buriti oil (*Mauritia flexuosa* L.) by enzymatic interesterification. **Grasas y Aceites**, v.69, n.4, 2018.

STOREBAKKEN T., NO. H. K. Pigmentation of rainbow trout. **Aquaculture**, v.100, pag.209-229, 1992.

STORTI, E. F. Biologia floral de *Mauritia flexuosa* LIN. FIL, na região de Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazônica**, v.23, pag. 371-381, 1993.

STRUKSANES, G., et al. Apparent digestibility of astaxanthin in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*): Effects of species, temperature, salinity

and dietary pigment level. **European Aquaculture Society**. Special Publications, v.35, pag.435-436, 2005.

TEJERA, N., et al. Pigmentation, carotenoids, lipid peroxides and lipid composition of skin of red porgy (*Pagrus pagrus*) fed diets supplemented with different astaxanthin sources. **Aquaculture**, vol. 270, 2007.

TORRISEN, O.J. Strategies for salmonid pigmentation. **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, pag. 276-281, 1995.

TORRISEN, O. J. Effective use of carotenoids for salmon flesh pigmentation. **Institute of Marine Research**, 1996.

TORRISEN, O. J., et al. Pigmentation of salmonids carotenoid deposition na metabolism. **Critical Reviews in Aquatic Sciences**, v.1, pag.209-228, 1989.

TORRISEN, O. J. Pigmentation of salmonids: Factors affecting carotenoid deposition in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture**, v.46, pag. 133-142, 1985.

TORRISEN O.J., et al. Astaxanthin deposition in the flesh of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to dietary astaxanthin concentration and feeding period. **Aquaculture Nutrition**, v. 1, 77– 84, 1995.

TUSCHE, K., et al. Wheat gluten and potato protein concentrate — Promising protein sources for organic farming of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 344-349, 2012.

TSUJII, K. M. Desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos e qualidade da carne da tilápia do Nilo alimentada com dieta suplementada com óleo de soja ou de linhaça. 2018. 81f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

WIJEKOON, M. P. A., et al. Effect of dietary substitution of Fish oil with flaxseed or sunflower oil on muscle fatty acid composition in juvenile steelhead trout (*Onchorynchus mykiss*) reared at varying temperatures. **Aquaculture**, v.433, n.20, pag.74-81, 2014.

YANAR, M., et al. Effects of hot and sweet red peppers (*Capsicum annuum*) as feed supplements on pigmentation, sensory properties and weight gain of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Annals Animal Science**., v. 16, n. 3, 2016.

YESILAYER, N., et al. Effect of Different Dietary Carotenoids on Total Carotenoid Concentration and TBARS During Frozen Storage Rainbow Trout Flesh. **Journal of New Results in Science**, n.3, pag.1-9, 2013.

YILDIZ, M., et al. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.46, pag.2885-2896, 2015.

YILDIZ, M., et al. The Effects of Fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with Fish oil finishing diet improved the fatty acid composition. **Aquaculture**, v.488, n.10, pag.123-133, 2018.

YILDIZ, M., et al. Effects of Dietary Cottonseed and/or Canola Oil Inclusion on the Growth Performance, FA Composition and Organ Histology of the Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.13, n.3, pag. 453-464, 2013.

YOUNG, A. J., et al. Reconstitution of muscle F-actin from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) with carotenoids-binding characteristics of astaxanthin and canthaxanthin. **Aquaculture Research**, v.23, n.6, pag. 1293-1303, 2017.

YUYAMA, L. K. O., YONEKURA, L. AGUIAR, J. P. L., SOUSA, R. F. S. Biodisponibilidade dos carotenoides do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em ratos. **Acta Amazonica**, v.28, n.4, 1998.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS:

As principais contribuições proporcionadas por nosso trabalho são aqui apresentadas resumidamente. No experimento 1, foi demonstrado a possibilidade da inclusão manual de 5% de óleo de buriti em ração extrusada sem causar prejuízos a retenção lipídica, flutuabilidade dos grãos de ração e lixiviação. Isto oportuniza o uso do óleo do buriti por pequenos produtores, possibilitando a obtenção de um produto diferenciado. A quantidade de óleo utilizada foi o suficiente para pigmentar o filé de truta arco-íris nos experimentos 2 e 3. Entretanto, no terceiro experimento, a quantidade de 3,45% de óleo de buriti foi o suficiente para alcançar a deposição de 30,5 mg/Kg de carotenoides totais no filé.

Esse é o primeiro trabalho a utilizar óleo de buriti na dieta de truta arco-íris objetivando a pigmentação do filé. O ingrediente conseguiu desempenhar extraordinariamente a função de corante natural chegando a uma deposição de 34,75 mg/Kg, quando se utiliza 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides) + 10 mg/kg de astaxantina sintética. Foram observadas diferenças importantes nos experimentos 2 e 3, possivelmente decorrentes da diferença no teor de carotenoides totais encontrados no óleo de buriti dos dois experimentos. No experimento 2, foi utilizado o óleo de buriti refinado, obtido na região Norte do Brasil, que apresentou 792 mg/L de carotenoides totais. Já no experimento 3, foi utilizado óleo de buriti bruto, que continha 1449 mg/L de carotenoides totais. É possível que a forma de processamento ao qual o óleo foi submetido interferiu no seu teor de carotenoides. Todavia, é também possível que este teor seja variável em função da localização da colheita, da safra ou até mesmo de outros fatores não elencados aqui. Assim, é importante que a utilização do óleo de buriti para a salmonização de trutas, seja precedida da determinação de seu teor de carotenoides. Entretanto, por ser detentor da maior fonte natural de β -caroteno, independente do processamento o óleo de buriti é capaz de atingir elevados níveis de deposição de carotenoides no filé dos salmonídeos. Apesar de não ter sido observado alterações ou comportamentos de toxicidade, seria importantes estudos nessa área.

No experimento 2 foi utilizado astaxantina sintética juntamente com óleo de buriti, sendo observada uma taxa de deposição de 34,75 mg/Kg de carotenoides totais no filé. Seria oportuno um novo estudo avaliando a utilização do óleo de buriti, adicionado de uma fonte natural de astaxantina, como forma de produzir a truta salmonada com ingredientes naturais.

Não há relatos na literatura de valores de deposição tão altos quanto os encontrados pelo presente estudo, demonstrando a efetividade do emprego do óleo do buriti, como fonte de carotenoides para salmonídeos. No entanto, novos estudos seriam oportunos para elucidar os mecanismos de atuação do óleo de buriti na pigmentação do filé dos salmonídeos.

7 BIBLIOGRAFIA GERAL

ABREU, P. V. **Moda e sertão:** os corantes naturais do cerrado Mineiro. 2010. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2010. 147f.

ACAR, U., et al. Effects of different levels of Pomegranate seed oil on some blood parameters and disease resistance against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout. **Frontiers and Physiology**, v.23, n.9, 2018.

ADORIAN, T. J., et al. Utilização de óleos vegetais em dietas para juvenis de piava (*Leporinus obtusidens*). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.2, 2017.

AGIUS, R. V. et al. Supplementation of paprika as a carotenoid source in soft-dry pellets for broodstock yellowtail *Seriola quinqueradiata* (Temminck & Schlegel). **Aquaculture Research**, v.32, pag. 263-272, 2001.

AGUIAR, J. P. L., SOUZA, F. C. A. Dehydration and spraying of buriti pulp (*Mauritia flexuosa* L.): shelf-life evaluation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, 2017.

ALBUQUERQUE, M. L. S., et al. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) Oil by Absorption and Emission Spectroscopies. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.16, n.6, 2005.

ALI, S., et al. Optimization of alkali extraction of natural dye from Henna leaves and its dyeing on cotton by exhaust method. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, 2009.

ALVES, W. F. Características físico-químicas de óleos essenciais de plantas da região do vale do Jurua. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.22, 2015.

AMAR, E. C., et al. Effects of dietary b-carotene on the immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Fisheries Science**, v.66, pag.1068–1075, 2000.

AMAR, E. C., et al. Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W) associated with dietary intake of carotenoids from natural products. **Fish & Shellfish Immunology**, v.16, n.4, p.527-537, 2004.

ANIDO, R. J. V. **Substituição do óleo de peixe por óleos vegetais em dietas para Jundiá Rhamdia quelen; efeito no desempenho e no perfil de ácidos graxos da composição corporal.** 2006.109f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

ANJOS, L. F., et al. Desempenho de ovinos alimentados com óleo de buriti ou babaçu. **Anais...** Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Goiania, 2018.

AQUINO, J. S., et al., Refining of Buriti Oil (*Mauritia flexuosa*) Originated from the Brazilian Cerrado: Physicochemical, Thermal-Oxidative and Nutritional Implications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.23, n.2, pag.212-219, 2012.

AQUINO, L. P., et al. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense Camb.*) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.29, n.2, pag.354-357, 2009.

ARAÚJO, D. M., et al. Hematologia de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas contendo óleos vegetais e estimulados pelo frio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.3, pag.294-302, 2011.

ARAÚJO, D. M., et al. Perfil hematológico de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes lipídeos e estimuladas por baixa temperatura. **Revista Caatinga**, v.28, n. 1, 2015.

ARAÚJO, M., et al. Dietary inclusion of IMTA-cultivated *Gracilaria vermiculophylla* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on growth, intestinal morphology, tissue pigmentation, and immunological response. **Journal of Applied Phycology**, v.28, n. 1, pag. 679-689, 2016.

ATTOKARAM, M. **Natural food flavors and colorants**. 2º edição. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2017. 390 p. Institute of Food Technologists series.

AZEVEDO, R. V., et al. Óleo e torta de dendê em rações para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.8, pag. 1028-1034, 2013.

BABA, E., et al. Evaluation of *Citrus limon* peels essential oil on growth performance, immune response of Mozambique tilápia *Oreochromis mossambicus* challenged with *Edwardsiella tarda*. **Aquaculture**, v.465, pag. 13-18, 2016.

BARBOSA, R. I.; et al. **Biometria de frutos do buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. *Arecaceae*)**: estimativas de produtividade de polpa e óleo vegetal em uma área de savana em Roraima – relatório de pesquisa. INPA: Manaus, 2009. 24 p.

BARROS, T. D., JARDINE, J. G. **Árvore do conhecimento**. 2005. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/a>

BATISTA, J. S., et al. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti. **Ciência Rural**, v.42, n.1, pag.136-141, 2012.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. da. **Oleaginosas potenciais do Nordeste para a produção de biodiesel**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p. 22-26. (Embrapa Algodão. Documentos, 177).

BOILEAU, A.C., et al. Cis-lycopene is more bioavailable than trans-lycopene in vitro and in vivo in lymph-cannulated ferrets. **Journal Nutrition**, v.129, pag.1176-81, 1999.

BOREL, P., et al. Carotenoids in biological emulsions: solubility, surface-to-core distribution, and release from lipid droplets. **Journal of Lipid Research**, v. 37, pag. 250-261, 1996.

BOSCOLO, W. R., et al. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, 2011.

BOVI, G. G. **Óleo de buriti (*Mauritia flexuosa L.*) nano emulsionado: produção por método de baixa energia, caracterização físico-química das dispersões e incorporação em bebida isotônica.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015. 106f.

BOUVIER, J. M., BRISSET, A. Aquafeed twin screw extrusion processing. Asian Aquafeeds: Current Developments in the Aquaculture Feed Industry. **Malaysian Fisheries Society Occasional Publication**, no. 13, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 76-104, 2006.

BUENAÑO, M. V.C. Hemograma de trucha arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador. **Boletín Técnico 9**, 2010.

BRAMBILLA, V. C., et al. Development and characterization of PLA/Buriti fibre composites – Influence of fibre and Coupling agent contents. **Polymers and Polymer Composites**, v.25, n.2, 2017.

BRASIL. **Biodiversidade do Cerrado e Pantanal:** áreas e ações prioritárias para conservação / Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: MMA, 2007. 540 p. (Série Biodiversidade 17).

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Alimentos regionais brasileiros. 2. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 484p.

BRIZIO, P., et al. Astaxanthin and Canthaxanthin (Xanthophyll) as Supplements in Rainbow trout Diet: In Vivo Assessment of Residual Levels and Contributions to Human Health. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n.46, 2013.

BROWN, K. R., et al. Retention of Fillet Coloration in Rainbow Trout After Dietary Astaxanthin Cessation. **Fisheries and Aquaculture Journal**, v.7, 2016.

BJERKENG, B. et al. Deposition of astaxanthin in fillets of Atlantic salmon, (*Salmo salar*) fed diets with herring, capelin, sandeel or Peruvian high PUFA oils. **Aquaculture**, v. 180, pag. 307-319, 1999.

BJERKENG, B., et al. Digestibility and muscle retention of astaxanthin in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with the red yeast *Phaffia rhodozyma* in comparison with synthetic formulated astaxanthin. **Aquaculture**, v.269, n. 1-4, pag.476-489, 2007.

BJERKENG, B., et al. Pigmentation of rainbow trout from start feeding to sexual maturation. **Aquaculture**, v.108, n.3, pag.333-346, 1992.

CAMPOS, F. M., ROSADO, G. P. Novos fatores de conversão de carotenoides pró vitamínicos A. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.25, n.3, pag.571-578, 2005.

CANTELMO, O. A.; et al. Características físicas de dietas para peixes confeccionadas com diferentes aglutinantes. **Acta Scientiarum**. Maringá, 2002. p. 949-955.

CASTRO, D. S., et al. Caracterização física e físico-química de polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.2, pag. 117-120, 2014.

CASTELLANOS, L. M., et al. Manejo de *Mauritia flexuosa* L.f. para la producción de artesanías en la altillanura colombiana. **Colombia Forestal**, v, 20, n. 1, 2016.

CARVALHO, F. L. A. Óleo de buriti como alternativa aos antibióticos melhoradores de desempenho em dietas para frangos de corte. Mestrado em Ciência Animal (Dissertação). 2019. Universidade Federal do Piauí, 73 p.

CAREY, M.C., HERNEL, O. Digestion and absorption of fat. **Seminars in gastrointestinal disease**, v.3, pag. 189-208, 1992.

CATTANI, M.I.; BARUQUE, J.R. Buriti palm fiber (*Mauritia flexuosa* MART.): characterization and studies for its application in design products. **Key Engineering Materials**,668, 63-74, 2016.

CEZARE-GOMES, E. A., et al. Potential of microalgae carotenoids for industrial application. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.188, n.3, pag.602-634, 2019.

COLLINS, S. A., et al. The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation. **Aquaculture**, v.344-349, pag.90-99, 2012.

CHAN, J. C. K, et al. Effects of feeding diets containing various dietary protein and lipid ratios on the growth performance and pigmentation of post-juvenile coho salmon *Onchorynchus Kisutch* reared in sea water. **Aquaculture Research**, v.33, n. 14, pag. 1137-1156, 2002.

CHOUBERT, G., BACCAUNAUD, M. Effect of moist or dry heat cooking procedures on carotenoid retention and colour of fillets of rainbow trout (*Onchorynchys mykiss*) fed astaxanthin or canthaxanthin. **Food Chemistry**, v.119, n.1, pag.265-269, 2010.

CHRISTIANSEN, R., et al. Assessment of flesh colour in Atlantic salmon, *Salmo salar L.* **Aquaculture Research**, n.26, pag.311-321, 1995.

CYMERYS, M.; et al. Buriti – *Mauritia flexuosa* L. F. In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. (Ed.). Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém: CIFOR: Imazon, 2005. p. 181-187.

DAIRIKI, J. K.; et al. **Procedimento para inclusão de óleos essenciais em rações para peixes**. Manaus, 2013. (Embrapa Amazônia Ocidental - Circular Técnica).

groenergia/arvore/CONT000fbl23vmz02wx5eo0sawqe3flbr6im.html. Acessado em: 02/011/2019.

DARNET, S. H., et al. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.2, pag. 488-491, 2011.

DUFOSSE, L., et al. Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: a scientific oddity or an industrial reality? **Trends in Food Science and Technology**, v.16, pag.389-406, 2005.

EL-GORAB, M., UNDERWOOD, B.A. Solubilization of beta-carotene and retinol into aqueous solutions of mixed micelles. **Biochimica et Biophysica Acta - Lipids and Lipid Metabolism**, v.306, n. 1, pag.58-66, 1973.

FISH, W. W. Refinements of the attending equations for several spectral methods that provide improved quantification of -carotene and/or lycopene in selected foods. **Postharvest Biology and Technology**, v.66, pag.16-22, 2012.

FEITOSA, S., et al. A real case study on the physicochemical changes in crude palm oil (*Elaeis guineensis*) during the deep-frying of akara, traditional cowpea-paste balls, in Brazil. **Grasas Y Aceites**, v.70, n.2, pag.e305, 2019.

FERREIRA, L. S., et al. Caracterização de óleos e resinas vegetais da Amazônia por espectroscopia de absorção. **Scientiae Plena**, v. 13, 2017.

FREITAS, E. R., et al. Potencial do urucum e seus resíduos para pigmentação dos produtos avícolas. 2017. **Anais...** In: XX Seminário Nordestino de Pecuária. Fortaleza – Ce.

FRIES, E. M., et al. Urucum em dietas para alevinos de *Kinguio Carassius auratus*: desempenho produtivo e pigmentação da pele. Semina: **Ciências Agrárias**, vol.35, n. 6, 2014.

GEURDEN, I., et al. Rainbow trout can discriminate between feeds with different oil source. **Physiology & Behavior**, v.85, n.2, 2005.

GÜNEŞER, B. A., et al. Cold pressed versus refined winterized corn oils: quality, composition and aroma. **Grasas y Aceites**, v.68, n.2, pag.e194, 2017.

HATA, M.; HATA, M. Carotenoid Pigments in goldfish (Carassius auratus): I. Composition and distribution of carotenoids. **International Journal of Biochemistry**, v. 2, n. 7, p. 11-19, 1971.

HATA, M., HATA, M. Studies on astaxanthin formation in some fresh-water fishes. **Tohoku Journal of Agricultural Research**, v.24, n.4, 1973.

HASHIM, R., SAAT, M.A.M. The utilization of seaweed meals as binding agents in pelleted feeds for snakehead (Channa striatus) fry and their effects on growth. **Aquaculture**, 108, 299-308, 1992.

HENMI, H., et al., 1987. Studies on the carotenoids in the muscle of salmons. I. Intracellular distribution of carotenoids in the muscle. **Tohoku Journal of Agricultural Research**, v.37, pag.101-111, 1987.

HENMI, I. I., 1989. Astaxanthin and/or canthaxanthin-actomyosin complex in salmon muscle. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v.55, pag.1583- 1589, 1989.

HIGH, E.G. and DAY, H.G. Fate of lycopene in the rat and its effects on the utilization of carotene and vitamin A. **The Journal of Nutrition**, v. 48, n. 3, pag. 369-376, 1952.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e silvicultura**. Acessado em: 02/09/2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>.

INMETRO: Programa de análise de produtos. Relatório de análises de azeite de oliva. Inmetro, 2015. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/azeite-de-oliva-extravirgem.pdf>.

IOM - U. S. **Institute of Medicine**, Food and Nutrition Board, Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. **Dietary Reference Intakes: for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc**. Washington, D.C., National Academy Press, 2001, 797p.

ISLAM, S. U., MOHAMMAD, F. Natural Colorants in the Presence of Anchors So-Called Mordants as Promising Coloring and Antimicrobial Agents for Textile Materials. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, v.3, n.10, 2015.

JACOBO, F. Q., et al. Caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de ungurahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Mauritia flexuosa*) de la Amazonía peruana. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v.75, n.2, 2009.

JARA, G. P. G. Producción de Astaxantina a partir de la microalga *Haematococcus Pluvialis*. 2015. Monografía. Disponível em:

<http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4183/1/UDLA-EC-TIB-2015-04%28S%29.pdf+///+33>. Acessado em: 29/10/2019.

JESUS, I. B., et al. Níveis de óleo de licuri [*Syagrus coronata* (Martius Beccari) na dieta de cabritos ¾ Boer]. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, p. 1163-1175, 2010.

JOVANOVIC, R., et al. New technologies and quality of trout and carp aquafeed. **Arch. Zootech.** 12, 18–26, 2009.

KIESSLING, A., et al. Changes in structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout in relation to ration and age. II. Activity of key enzymes in energy metabolism. **Aquaculture**, v.93, pag.357-372, 1991.

LA MORA, G. I., et al. Comparison of red chilli (*Capsicum annuum*) oleoresin and astaxanthin on rainbow trout (**Oncorhynchus mykiss**) fillet pigmentation. **Aquaculture**, v.258. pag. 487–495, 2006.

LANA, R. P., et al. Óleo de soja e própolis na alimentação de cabras leiteiras, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, pag.650-658, 2005.

LATSCHA, T. 1990. **Carotenoids – Their nature and significance in animal feeds.** 110p. F. Hoffman-La Roche Ltda., Basel, Switzerland.

LEÃO, L. L. **Desenvolvimento de produto potencialmente funcional:** hambúrguer de carne de frango adicionado de óleo de buriti. 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2017.

LEE, Y. H., et al. Deodorizing function and antibacterial activity of fabrics dyed with gallnut (*Galla chinensis*) extract. **Textile Research Journal**, v. 85, 2015.

LERFALL, J., et al. A comparative study of organic-versus conventional Atlantic Salmon. II. Fillet color, carotenoid –and fatty acid composition as affected by dry salting, cold smoking and storage. **Aquaculture**, v.451, 2016.

LIMA, A. L. S., et al. Avaliação dos efeitos da radiação gama nos teores de carotenoides, ácido ascórbico e açúcares do fruto buriti do brejo (*Mauritia flexuosa* L.). **Acta amazônica**, v.39, 2009.

LIMA, R. P., et al. Murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.) butter and oils of buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) and pracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) can be used for biodiesel Production: Physico-chemical properties and thermal and kinetic studies. **Industrial Crops and Products**, v.97, pag.536-544, 2017.

LIMA, L. A., et al. Effects of the buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil supplementation on crossbred lactating goats: Behavioral, physiological, and hematological responses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.

LIRA, G. M., et al. Total carotenoids and antioxidant activity of fillets and shells (*in natura* or cooked) of “Vila Franca” shrimp (*Litopenaeus schmitti*) in different intervals of storage under freezing. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n.1, 2017.

LOPES, J.M., et al. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.519-526, 2010.

LOSEKANN, M. E., et al. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. **Ciência Rural**, v.38, n.1, pag. 225-230, 2008.

LORENZI, H.; et al. Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 416 p. 2004.

LOUREIRO, M. N., et al. Armazenamento do buriti em pó: efeito da embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, tv.29, n.5, 2013.

MACEDO-VIEGAS, E. M., et al. Rendimento e composição centesimal de filés *in natura* e pré-cozido em truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Wallbaum). **Acta Scientiarum**, v. 24, n.4, pag. 1191-1195, 2002.

MADSEN, L.; et al. 2015. Organic diets are equally good for rainbow trout fry as conventional diets. **ICROFS news**, January 2015, v.4, 2014. Disponível em: <http://orgprints.org/28102>.

MADSEN, L.; et al. 2015. Organic diets are equally good for rainbow trout fry as conventional diets. **ICROFS news**, January 2015, v.4, 2014. Disponível em: <http://orgprints.org/28102>.

MAKOTO, M., et al. Influence of diets enriched with different vegetable oils on the performance and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Acta Scientiarum Technology**, v.28, n.2, 2006.

MANHÃES, L. R. T. **Caracterização da polpa de buriti:** um potente alimento funcional. 2007.78f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

MARTINO, R.C. et al. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v.209, p.233-246, 2002.

MARTINS, N., et al. Foods colorants: Challenges, opportunities and current desires of agroindustries to ensure consumer expectations and regulatory practices. **Trends in Food Science e Technology**, v. 52, 2016.

MARIATH, J. G. R., et al. Vitamin A activity of buriti (*Mauritia vinifera*, M.) and its effectiveness in the treatment and prevention of xerophthalmia. **American Journal Clinical Nutrition**. n.49, p.849- 853. 1989.

MATTHEWS, S. J., et al. Astaxanthin binding protein in Atlantic salmon. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.144, n. 2, pag.206-214, 2006

McCARTHY, D. H., et al. Some blood parameters of the rainbow trout (*Salmo gairdnerii richardson*). **Journal Fish of Biology**, v. 7, pag.215-219, 1975.

MELO, J.F.B. et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.323-327, 2002.

MESQUITA, L. R. **Avaliação físico-química e sensorial de carne de frangos de corte submetidos a dietas com inclusão de óleo de buriti**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017. 55f.

MELO, K. S. G. **Extração e uso de corantes vegetais da Amazônia no tingimento do couro do Matrinxã (*Brycon amazonicus* Spix & Agassiz, 1819)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) -Universidade Federal do Amazonas - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Manaus, 2007.

MOREIRA, P. O., et al. Óleo de soja utilizado pré e pós-processamento de rações para tilápia do Nilo. **Boletim Instituto de Pesca**, v.41, n.3, 2015.

MORIEL, D. G. et al. Optimization of biomass and astaxanthin production by the yeast *Phaffia rhodozyma*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 3, p. 421-424, 2004.

MORO, G. V., RODRIGUES, A. P. O. Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento. **Embrapa Pesca e Aquicultura**, Documentos 14, 2015. 32p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1017676/1/SD14.pdf>. Acessado em: 07/04/2016.

MOURA FILHO, J. M. **Preparado de buriti (*Mauritia flexuosa* L): produção, caracterização e aplicação em leite fermentado**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade de São Paulo - UNESP, São José do Rio Preto, 2017. 124f.

MUSSAGY, C. U. et al. Production and extraction of carotenoids produced by microorganisms. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.103, pag. 1095–1114, 2019.

MUZZOLON, A., et al. Influência de diferentes tipos e proporções de aglutinantes nutritivos na estabilidade física de rações orgânicas peletizada para peixes. **Anais...** In: V Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão – SEPE e V Jornada de Iniciação Científica. 2014. Chapecó, 2015. v. 5.

NADERI, M., et al. The impact of saturated monoacylglycerols on the oxidative stability of Canola oil under various time/temperature conditions. **Grasas Y Aceites**, v.69, n.3, pag.e267, 2018.

NHAN, H. T., et al. Effects of natural dietary carotenoids on skin coloration of false Clownfish (*Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830). **Aquaculture Nutrition**, 2019.

NICKELL, D.C., BROMAGE, N.R. The effect of dietary lipid level on variation of flesh pigmentation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.161, pag.237-251, 1998.

NO, H. K.; STOREBAKKEN, T. Pigmentation of rainbow trout with astaxanthin at different water temperatures. **Aquaculture**, v.97, pag. 203-216, 1991.

NOORI, A., RAZI, A. Effects of dietary astaxanthin on the growth and skin and muscle pigmentation of sexually immature rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Teleostei: Salmonidae). **Iranian Journal of Ichthyology**, v.4, n. 4, pag.361-372, 2017.

OLIVEIRA, D. L. Viabilidade econômica de algumas espécies medicinais nativas do cerrado. **Estudos**, v.38, n.2, pag. 301-332, 2011.

OLIVEIRA, G. R., et al. Adição de óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e sucupira (*Pterodon emarginatus*) na alimentação de poedeiras: qualidade física de ovos armazenados em diferentes temperaturas. **Ciência Animal Brasileira**, v.19, pag.1-12, 2018.

OLSEN, R. E., BAKER, R. T. M. Lutein does not influence flesh astaxanthin pigmentation in the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) **Aquaculture**, v.258, n.1, pag.558-564, 2006.

OLSEN, R. E., et al. Effect of lipid source and bile salts in diet of Atlantic Salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v.250, n.3-4, pag. 804-812, 2005.

OLSON, J. A.; KRINSKY, N. I. Introduction. The colorful, fascinating world of the carotenoids: Important physiologic modulators. **FASEB Journal**, v. 9, pag. 1547–1550, 1995.

ÖZCAN, M. M., CHALCHAT, J. C. Chemical composition of carrot seeds (*Daucus carota* L.) cultivated in Turkey: characterization of the seed oil and essential oil. **Grasas Y Aceites**, v.58, n.4, pag. 359-368, 2007.

PAGE, G. I., DAVIES, S. J. Tissue astaxanthin and canthaxanthin distribution in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Comparative**

Biochemistry and Physiology. Part A: Molecular & Integrative Physiology, v.143, pag.125-132, 2006.

PACHECO, S. **Cromatografia líquida.** 2015. Acessado em: 07/11/2019. Disponível em: <http://www.cromatografaliquida.com.br/carotvita.htm>

PEREIRA, M. C., et al. Óleos vegetais em rações para o híbrido tambacu (macho *Piaractus mesopotamicus* x fêmea *Colossoma macropomum*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.2, 2011.

PEZZATO, L. E., et al. Estabilidade física dos péletes protegidos por diferentes produtos impermeabilizantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 7, p. 731-737, 1997.

PIEDECAUSA, M. A., et al. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). **Aquaculture**, v. 263, n. 1–4, p. 211–219, 2007.

PIMENTEL, S. A., et al. Composição de ácidos graxos e tocoferóis em óleos especiais. In... II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. 2012. Universidade Federal de Lavras.

POZZO, R., Lavety, J. and Love, R.M., 1988. The role of dietary a-tocopherol (vitamin E) in stabilising the canthaxanthin and lipids of rainbow trout muscle. **Aquaculture**, 73: 165-175.

PULCINI, D., et al. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) develop a more robust body shape under organic rearing. **Aquaculture Research**, 2012.

PUPA, Júlio Maria Ribeiro. Óleos e Gorduras na Alimentação de Aves e Suínos. **Revista Eletrônica Nutrime**, v.1, n.1, 2004.

QUINTANA, B., PEREIRA, A. Estandarizacion de valores hematológicos de trucha arco íris. **Cultura Científica, Boletín** 3: pag. 24 – 29, 2008.

RASMUSSEN, R. S.; OSTENFELD, T. H. Effect of growth rate on quality traits and feed utilization of rainbow trout (*Oncorhyncus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). **Aquaculture**, Amsterdan, v.184, p. 327-337, 2000.

RENHE, I. R. T. **Extração e estabilidade do corante azul de jenipapo (*Genipa americana* L.)** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, 2008.

RIBEIRO, P. A. P., et al. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, pag. 1331-1337, 2008.

RICHHARIYA, G., et al. Natural dyes for dye sensitized solar cell: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.69, 2017.

ROCHA, D. S., REED, E. Pigmentos naturais em alimentos e sua importância na saúde. **Estudos**, v.14, n.1, 2014.

ROCK, C. L., et al. Bioavailability of b-Carotene is lower in raw than in processed carrots and spinach in women. **Journal Nutrime**, v.128, n.5, 1998.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília, 2008. 100p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Natural food pigments and colorants. **Current Opinion in Food Science**, v.7, 2016.

RODRIGUES, J., ARAÚJO, M. C. Corantes naturais amazônicos: um estudo para a aplicação em produtos têxteis de moda. **Diálogos e Ciência**, 34, 2013.

ROSA, B. L. **Óleo de linhaça na dieta de fêmeas e machos castrados nelore x canchim, terminados em confinamento**. 2014. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista - UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 2014. 72f.

SAFARI, O., ATASH, M. M. S. 2013. Study on the different levels of annatto (*Bixa orellana*) seed meal in the diet on some biological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Ferdowsi University of Mashhad**, Mashhad, Iran.

SAFARI, O., ATASH, M. M. S. **Study on the different levels of annatto (*Bixa orellana*) seed meal in the diet on some biological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)**. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 2014.

SAFARI, O., ATASH, M. M. S. The effects of dietary supplement of annatto (*Bixa orellana*) seed meal on blood carotenoid content and fillet color stability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.437, pag.275-281, 2015.

SAHA, M. R., et al. Development of a method to assess binding os astaxanthin to Atlantic salmon *Salmo salar L.* muscle proteins. **Aquaculture Research**, v.36, pag.336-343, 2005.

SAMPAIO, M. B. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do buriti / Maurício Bonesso Sampaio. – Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2011. Disponível em:< <http://www.ispn.org.br/arquivos/Cartilha-Buriti- Web.pdf>>. Acesso em: 18/03/2019.

SAMPAIO, M. B.; CARRAZZA, L.R. Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto de da folha do buriti (*Mauritia flexuosa*). Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), Brasília-DF, 2012. Manual tecnológico n°4. Disponível em: http://www.ispn.org.br/arquivos/Mont_buriti0061.pdf. Acesso em: 18 mar. 2019.

SÁNCHEZ, E. G. T., et al. Effects of bee pollen extract as a source of natural carotenoids on the growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 2019.

SANTOS, M. F. G., et al. Carotenoid composition in oils obtained from palm fruits from the Brazilian Amazon. **Grasas y Aceites**, v.66, n. 3, 2015.

SANTOS, I. N. L. **Brinquedos de miriti**. Patrimônio Histórico Cultural Perspectiva Matemática. Belém: Cromos, 2016.

SANTOS, M. F. G., et al. Quality Characteristics of fruits and oils os palms native to the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, 2017.

SANTOS, S. O., et al. Avaliação da Capacidade antioxidante e do Potencial antimicrobiano do Óleo extraído do Fruto de Mauritia flexuosa (Buriti). **Anais...** 18^a Semana de Pesquisa da Universidade Tiradentes. “A prática interdisciplinar alimentado a Ciência”, Aracaju – SE. 24 a 28 de outubro 2016.

SERRA, J. L., et al. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. **Food Research International**, v.116, pag. 12-19, 2019.

SELVAM, R. M., et al. Extraction of natural dyes from curcuma longa, trigonella foenum graecum and nerium oleander, plants and their application in antimicrobial fabric R. **Industrial Crops and Products**, v. 71, 2015.

SILVA, C. R. **Bioativos tropicais com eficácia comprovada**. Cosmetics e Toiletries, v.14, n.1, 2002.

SILVA, F. V., et al. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-Nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.8, 2009.

SILVA, P. M. S., et al. Cascas de árvores nativas como corante natural têxtil. **Anais...**Congresso Internacional Negócios da Moda, São Paulo, 2017.

SILVA, S. **Efeito do extrato de Mauritia flexuosa (buriti) sobre biofilmes bacterianos**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Tecnologia de Alimentos, Campo Mourão, 2018. 32f.

SILVA, S. S. **Recursos Naturais renováveis: Sementes, pigmentos e argila na prática pedagógica em arte-educação**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Monografia)- Universidade Aberta do Brasil - Instituto de Artes, Tarauacá, 2013. 42f.

SILVEIRA, C. S., et al. Atividade antimicrobiana dos frutos de Syagrus oleracea e Mauritia vinifera. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.2, pag.143-148, 2005.

SING, R. N., KUMAR, A. Beetroot as a carotenoid source on growth and color development in Red Swordtail (*Xiphophorus helleri*) Fish. **Imperial Journal of Interdisciplinary Research**, v.2, 2016.

SIGURDSON, G. T., et al. Natural Colorants: Food Colorants from Natural Sources. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 8, 2017.

SOARES, Z. T., et al. Aproveitamento sustentável das florestas nativas de buriti (*Mauritia flexuosa*): Uma alternativa ao desenvolvimento das comunidades rurais do oeste maranhense. 2014. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/aproveitamento-sustentavel-das-florestas-nativas-de-buriti-mauritia-flexuosa-uma-alternativa-ao-desenvolvimento-das-comunidades-rurais-do-oeste-maranhense/119095>.

SOUSA, S. V. A. **Estudo da utilização do pecíolo de buriti (*Mauritia flexuosa*) para aplicação em embalagens biodegradáveis**: solução sustentável em design e tecnologia. 2016. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

SOUZA, M. L. R., et al. Efeito do peso de tilápia-no-Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre e rendimento e a qualidade de seus filés defumados com e sem pele. **Food Science and Technology**, v.25, n.1, 2005.

SOUZA, M. L. R.; MACEDO-VIEGAS, E. M. Comparação de quatro métodos de filetagem utilizado para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o rendimento do processamento. **Infopesca International**, n. 7, p. 26-31, 2001.

SOUZA, N. F. S., VIANA, D. S. F. Aspectos ecológicos e potencial econômico do buriti (*Mauritia flexuosa*). **Agrarian Academy**, v.5, n.9, pag. 535, 2018.

SPERANZA, P., et al. Amazonian Buriti oil: chemical characterization and antioxidant potential. **Grasas Y Aceites**, v.67, n.2, pag.e135, 2016.

SPERANZA, P., et al., Improving the chemical properties of Buriti oil (*Mauritia flexuosa* L.) by enzymatic interesterification. **Grasas y Aceites**, v.69, n.4, 2018.

SPERONI, C. F. **Suplementação de jundiás com óleos da Amazônia**: Desempenho, composição química e estabilidade oxidativa do filé. 2015. 88f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SRIVASTAVA, S (2015). Food adulteration affecting the nutrition and health of human beings. **Biol. Sci. Med.** v.1, n.1, pag.65-70, 2015.

STOREBAKKEN T., NO. H. K. Pigmentation of rainbow trout. **Aquaculture**, v.100, pag.209-229, 1992.

STORTI, E. F. Biologia floral de *Mauritia flexuosa* LIN. FIL, na região de Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazonica**, v.23, n.4, 1993.

STRUKSANES, G., et al. Apparent digestibility of astaxanthin in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*): Effects of species, temperature, salinity and dietary pigment level. **European Aquaculture Society**. Special Publications, v.35, pag.435-436, 2005.

SHAHIDI, F., CAMARGO, A. C. Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefit. **International Journal Molecular Science**, v.17, 2016.

SHAGHOLIAN, M., et al. Liver and serum lipids in Wistar rats fed a novel structured lipid containing conjugated linoleic acid and conjugated linolenic acid. **Grasas Y Aceites**, v.70, n.2, 2019.

SHEIKHZADEH, N. Influence of Dietary Vegetable Crops on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Immune System and Growth Performance. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 41, 2013.

TEJERA, N., et al. Pigmentation, carotenoids, lipid peroxides and lipid composition of skin of red porgy (*Pagrus pagrus*) fed diets supplemented with different astaxanthin sources. **Aquaculture**, vol. 270, 2007.

THOMAS, M., et al. Physical quality of pelleted animal feed 3. Contribution of feedstuff components. **Animal Feed Science Technology**, v.70, 1998.

THOMAS, M., VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. **Animal Feed Science Technology**, v.61, 1996.

TORRES, D. E. **Avaliação do efeito de micro-organismos probióticos sobre o desempenho zootécnico, hematológico e tolerância ao estresse da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*)**. 2014. 98f. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

TORRES, L. R. O., et al. Bioactive compounds and functional potential of pequi (*Caryocar spp.*), a native Brazilian fruit: a review. **Grasas Y Aceites**, v.69, n.2, 2018.

TORRISSEN O.J., et al. Astaxanthin deposition in the flesh of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to dietary astaxanthin concentration and feeding period. **Aquaculture Nutrition**, v. 1, 77– 84, 1995.

TORRISSEN O.J., et al. Astaxanthin deposition in the flesh of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to dietary astaxanthin concentration and feeding period. **Aquaculture Nutrition**, v. 1, 77– 84, 1995.

TORRISSEN, O. J. 1996. Effective use of carotenoids for salmon flesh pigmentation. **Institute of Marine Research**, 1996.

TORRISSEN, O. J. Dietary delivery of carotenoids. **In:** Decker, E. A. Faustman, C, pag.289-311, 2000.

TORRISSEN, O. J. Pigmentation of salmonids: Factors affecting carotenoid deposition in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture**, v.46, pag. 133-142, 1985.

TORRISSEN, O. J., CHRISTIANSEN, R. Requirements for carotenoids in fish diets. **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, pag.225-230, 1989.

TORRISSEN, O. J., et al. Pigmentation of salmonids carotenoid deposition na metabolism. **Critical Reviews in Aquatic Sciences**, v.1, pag.209-228, 1989.

TORRISSEN, O.J. Strategies for salmonid pigmentation. **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, pag. 276-281, 1995.

TORTENSEN, B. E., et al. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) effects of capelin oil, palm oil and oleic-enriched sunflower oil as dietary lipid sources. **Lipids**, .35, pag.653-664, 2000.

TSUJII, K. M. **Desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos e qualidade da carne da tilápia do Nilo alimentada com dieta suplementada com óleo de soja ou de linhaça.** 2018. 81f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

TUSCHE, K., et al. Wheat gluten and potato protein concentrate — Promising protein sources for organic farming of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 344-349, 2012.

TRINDADE, B. C., et al. Influência do Congelamento e do Tempo de Estocagem na Preservação dos Carotenoides Totais em Abóbora. Aracajú: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2016.

ULIANA, O., et al. Substituição parcial ou total de óleo de canola por lecitina de soja em rações para larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*), pisces, Pimelodidae. **Ciência Rural**, v.31, n.4, pag.677-681, 2001.

VAN HET HOF, K. H., et al. Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. **The Journal of Nutrition**, v.130, n.3, pag.503-506, 2000.

VIEIRA, I., et al. Bioaccessibility of marine carotenoids. **Marine Drugs**, v. 16, n.391, 2018.

VERAS, A. G. **Rações enriquecidas com óleo de coco e óleo de canola no desempenho e perfil lipídico da carne de codornas europeias.** 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2017. 64f.

VIOLA, S., et al. The effects of oil-coated pellets on carp/*Cyprinus carpio* in intensive culture. **Aquaculture**, v.26, pag.49-65, 1982.

VIRAPONGSE, A. Social mechanisms and mobility: Buriti Palm (*Mauritia flexuosa*) Extractivism in Brazil. **Human Ecology**, v.45, pag. 119-129, 2017.

WIJEKOON, M. P. A., et al. Effect of dietary substitution of Fish oil with flaxseed or sunflower oil on muscle fatty acid composition in juvenile steelhead trout (*Onchorynchus mykiss*) reared at varying temperatures. **Aquaculture**, v.433, n.20, pag.74-81, 2014.

YANAR, M., et al. Effects of hot and sweet red peppers (*Capsicum annuum*) as feed supplements on pigmentation, sensory properties and weight gain of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Annals Animal Science**, v. 16, n. 3, 2016.

YESILAYER, N., et al. Effect of Different Dietary Carotenoids on Total Carotenoid Concentration and TBARS During Frozen Storage Rainbow Trout Flesh. **Journal of New Results in Science**, n.3, pag.1-9, 2013.

YILDIZ, M., et al. Effects of Dietary Cottonseed and/or Canola Oil Inclusion on the Growth Performance, FA Composition and Organ Histology of the Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.13, n.3, pag. 453-464, 2013.

YILDIZ, M., et al. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.46, pag.2885-2896, 2015.

YILDIZ, M., et al. The Effects of Fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with Fish oil finishing diet improved the fatty acid composition. **Aquaculture**, v.488, n.10, pag.123-133, 2018.

YOUNG, A. J., et al. Processing of astaxanthin-rich Haematococcus cells for dietary inclusion and optimal pigmentation in rainbow trout, *Onchorynchus mykiss* L. **Aquaculture Nutrition**, v.23, n.6, pag.1304-1311, 2017.

YUYAMA, L. K. O., et al. Biodisponibilidade dos carotenoides do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em ratos. **Acta Amazonica**, v.28, n.4, 1998.

ZANATTA, C. F. **Aplicação do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) no desenvolvimento de emulsões e estudo da cito toxicidade e potencial foto protetor em cultivo celular.** Tese (Doutorado em Farmácia). 2008. Faculdade de Ciências Farmacêutica de Ribeirão Preto.

ZANATTA, C. F., et al. Photoprotective potencial of emulsions formulated of buriti oil (*Mauritia flexuosa*) against UV irradiation on keratinocytes and fibroblasts cell lines. **Food and Chemical Toxicology**, v.48, 2010.

ZANFINI, A., FRANCHI, G. G., MASSARELLI, P., CORBINI, G., DREASSI, E. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity in five tomato (*Lycopersicon esculentum mill.*) cultivars. **Italian Journal of Food Science**, v.29, 2017.

ZHOU, Y., TANG, R. C. Modification of curcumin of reactive UV absorber and its dyeing and functional properties for silk. **Dyes and Pigments**, v.134, 2016.

ANEXO A

Tabela 6. Composição da dieta experimental extrusada utilizada para truta arco-íris.

Ingredientes	DF
Farinha de peixe	25
Farinha de vísceras	30
Lecitina de soja	2
Farelo de soja	10
Quirera de arroz	23
Px-peixe	5
Óleo de buriti/soja	5
SOMA	100
Proteína (%)	40
Lipídios (%)	12,4
Amido (%)	17,8
Energia Mcal/kg	4.330
Lisina	2,11
Metionina+cistina	1,01
Cálcio	3,52
Fósforo	1,48

*Dados calculados.

Tabela 7. Análise da dieta experimental após inclusão do óleo de soja, óleo de buriti e astaxantina sintética.

Composição (%)	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Umidade	8,43	8,22	8,03	9,22
Cinzas	11,02	11,32	12,81	11,65
Proteína Bruta	44,28	44,97	43,9	44,12
Extrato etéreo	13,73	13,87	13,06	13,64

Tratamento 1: 5 % de óleo de soja (controle negativo); Tratamento 2: 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais); Tratamento 3: 5% de óleo de buriti (40 mg/Kg de carotenoides totais) + 10 mg/Kg de astaxantina sintética; Tratamento 4: 5% de óleo de soja + 50 mg/Kg de astaxantina sintética.