



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
PIAUÍ
DIRETORIA DE ENSINO -CAMPUS TERESINA CENTRAL
DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO, AMBIENTE, SAÚDE E PRODUÇÃO
ALIMENTÍCIA – DIASPA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

JULIANA CHAVES ELIAS SANTOS

IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS NA TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) E DOS
METAIS PESADOS EM PEIXES: UMA REVISÃO

TERESINA - PI
2020

JULIANA CHAVES ELIAS SANTOS

**IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS NA TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) E DOS
METAIS PESADOS EM PEIXES: UMA REVISÃO**

Trabalho apresentado ao Curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus* Teresina central, como requisito para obtenção do grau de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Dra. Vera Lúcia Viana do Nascimento

**TERESINA - PI
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Santos, Juliana Chaves Elias

S237i Importância dos minerais na tilápia (*Oreochromis niloticus*) e dos metais pesados em peixes : uma revisão / Juliana Chaves Elias Santos. - 2020. 29 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2020.

Orientadora : Profa. Dra. Vera Lúcia Viana do Nascimento.

1. Minerais. 2. Metais pesados. 3. Peixes. 4. Zinco. 5. Cálcio. I. Título.

CDD - 664

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

JULIANA CHAVES ELIAS SANTOS

**IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS NA TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) E DOS
METAIS PESADOS EM PEIXES: UMA REVISÃO**

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a. Dr^a Vera Lúcia Viana do Nascimento
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
Doutora em Biotecnologia

1ª Examinadora: Msc. Victória Maura Silva Bermúdez
Doutoranda em Ecologia e Recursos Naturais – UFC
Mestre em Gestão e tecnologia ambiental - IFCE

2ª Examinadora: MSc. Edilene Ferreira da Silva
Doutoranda em Ciência dos Alimentos - UFSC

AGRADECIMENTOS

Não foi fácil, foram vários anos de muitas dificuldades, mas enfim consegui! Agradeço primeiramente a Deus por me dar força e saúde para encarar as dificuldades que não foram poucas principalmente nessa reta final, a minha família e amigos por todo apoio e incentivo, aos professores por todos os ensinamentos e em especial a minha orientadora Vera Lúcia Viana do Nascimento, que foi mais que uma professora foi uma mãe pra mim para Ensino e Educação nesta instituição, sua ajuda foi incondicional neste trabalho, pois desde o primeiro semestre do Curso de Alimentos tive todo o apoio, obrigada por tudo que fez por mim. Obrigada!

RESUMO

Os peixes são de grande importância no ecossistema aquático, podem ser contaminados através da água, podendo levar sérios prejuízos à saúde humana, níveis de metais tóxicos, ou nutrientes, variam de acordo com a espécie, tamanho, sexo e habitat dos peixes. Objetivou-se fazer uma revisão de literatura e compilação de dados relevantes relacionados aos minerais da Tilápia inclusive aqueles considerados tóxicos para os peixes. Trata-se de uma revisão sistemática da literatura baseada na análise de artigos referente a metais pesados em peixes. O delineamento da metodologia se baseia na identificação e seleção das bases de dados disponíveis para o tema, Scielo, PubMed, BVS, periódicos CAPES, Science Direct, Scopus, CiteSeer Library, até outubro de 2020. De acordo com alguns autores foram encontradas doses bem altas o que traz sérios prejuízos à saúde, e em outros doses dentro da linha recomendável. Conclui-se que existem sim espécies com altas concentrações de metais pesados, e que existem diversos fatores que influem na contaminação dos pescados, como por exemplo o clima, locais dos rios, lagoas, período de mineração, etc.

Palavras-chaves: Minerais. Metais Pesados. Peixes. Zinco. Cálcio.

ABSTRACT

Fish are of great importance in the aquatic ecosystem, can be contaminated through water and can lead to serious damage to human health, levels of toxic metals, or nutrients, vary according to the species, size, sex and habitat of the fish. The objective was to do a literature review and compile relevant data related to Tilapia minerals including those considered toxic to fish. This is a systematic review of the literature based on the analysis of articles referring to heavy metals in fish. The design of the methodology is based on the identification and selection of the databases available for the topic, Scielo, PubMed, VHL, CAPES journals, Science Direct, Scopus, Citeseer Library, until October 2020. According to some authors, well high which brings serious damage to health, and in other doses within the recommended line. It is concluded that there are species with high concentrations of heavy metals, and that there are several factors that influence the contamination of fish, such as the climate, locations of rivers, lagoons, mining period, etc.

Keywords: Minerals. Heavy Metals. Fish. Zinc. Calcium.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	03
2 OBJETIVOS	05
2.1 Objetivos geral	05
2.2 Objetivos específicos	05
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	06
3.1 Minerais em pescados	06
3.1.1 Características da tilápia	06
3.2 Produção de tilápia	08
3.3 Importância industrial	09
3.4 Importância da composição de minerais em pescados	09
3.5 Exposição aos metais e os riscos de saúde do consumidor	11
3.6 Contaminação de peixes por Zn, Pb e Hg	-11
4 METODOLOGIA	12
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
6 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1 INTRODUÇÃO

Os peixes são de grande importância no ecossistema aquático, e são bastante utilizados para avaliar biologicamente o grau de poluição das águas contaminadas, pois absorvem bastante metais através destas (AL-SAYEGHPETKOVŠEK; KOPUŠAR; KRYSTUFEK, 2014). A contaminação dos peixes por esses metais podem ser diretamente pela água ou por meio das brânquias e pele ou através de alimentos contaminados (WAHEED *et al.*, 2014).

Contaminantes tóxicos elementares são transferidos para o metabolismo humano, por várias vias, dentre elas pode-se destacar o consumo de peixe contaminado, o que pode ocasionar sérios problemas à saúde do consumidor, e até mesmo a morte, quando os níveis de contaminantes é muito elevado no meio (ALINNOR; OBIJI, 2010). Portanto, eles são altamente tóxicos para os consumidores quando excederem a segurança recomendada das concentrações (BASIONY, 2014).

A tilápia desempenha um importante papel comercial de peixes de água doce em todo o mundo. É aplicado a 3 (três) gêneros de peixes pertencentes à família de tilápia: Cichlidae, *Oreochromis*, *Sarotherodon*. Seu cultivo tem se tornado cada vez mais popular por apresentar diversas características como uma boa taxa de crescimento, fácil de ser manipulada, geralmente não apresentam problemas nutricionais e respostas a condições ambientais adversas e resistentes a baixos níveis de oxigênio (KOSAI *et al.*, 2014).

A tilápia apresenta teor elevado de minerais importantes para nutrição humana. E pode sofrer alterações nas quantidades destes, onde os efeitos e as ações dos minerais no organismo do peixe dificilmente ocorrem de maneira isolada, várias relações podem afetar não só o desempenho, como também a biodisponibilidade dos nutrientes, que são indispensáveis à saúde destes.

Os peixes absorvem esses elementos através da água, no entanto quando as condições de criação não são suficientes às vezes a suplementação desses minerais é necessária. Para a determinação dos níveis desses minerais em peixes, geralmente é utilizado, o fígado, ossos, sangue ou músculo (LAZZARI; RADUNZ-NETO, 2014).

Estudos revelam que os níveis de metais tóxicos, ou nutrientes, variam de acordo com a espécie, tamanho, sexo e habitat dos peixes que por absorverem os metais do ambiente se tornam indicadores de sua presença no local (CHAMPOLIM, 2016).

No entanto, esses minerais em altas concentrações no meio aquático demonstram alto poder acumulativo na biota (ATLI; CANLI, 2010). Os peixes acabam absorvendo tanto os metais essenciais, como não essenciais, a partir da água contaminada e pela ingestão do

alimento, retendo-os em seu tecido muscular (PEREIRA *et al.*, 2010; JABEEN; JAVED; AZMAT, 2012; MERT *et al.*, 2014), o que acaba levando sérios problemas de saúde para a população que o consome.

Apesar de todos os benefícios da tilápia, por ele ser uma fonte rica em proteínas, Ômega 3, fazer parte da dieta humana, por ser bastante consumida por ter um preço acessível, de fácil adaptação no cultivo, rica em minerais importantes na alimentação, esse peixe pode ser também uma das principais fontes de ingestão de metais pesados para o homem, os metais são muitos importantes tanto para a nutrição de peixes e para nutrição humana principalmente o cálcio, fósforo, ferro e zinco. Porém em excesso pode trazer prejuízos à saúde.

Entretanto, é interessante pesquisar sobre esses minerais encontrados na tilápia, inclusive, o ferro, zinco, cobre, magnésio, manganês, cálcio, sódio, fósforo e potássio, e se existem concentrações em excesso. Este trabalho objetivou realizar uma revisão de literatura e compilação de dados relevantes relacionados aos minerais da Tilápia inclusive aqueles considerados tóxicos, uma vez que temos um consumo bastante elevado pela população.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- Este trabalho objetivou uma revisão de literatura e compilação de dados relevantes relacionados aos minerais da Tilápia, inclusive, aqueles considerados tóxicos para os peixes e para alimentação humana.

2.2 Objetivos Específicos:

- Pesquisar artigos dos últimos 10 anos que relate a ingestão de compostos tóxicos encontrados em peixes.
- Verificar a partir dos artigos encontrados de inclusão/exclusão sobre minerais em pescados e em Tilápia com base em banco digital de dados;
- Realizar análise crítica dos artigos de peixe selecionados, por meio de uma lista para avaliação dos estudos dos minerais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Minerais em pescado

Os metais pesados são geralmente considerados perigosos para o meio ambiente devido à sua toxicidade, persistência e natureza bioacumulativa. Metais pesados são definidos como “ocorrência natural metais (ALI; KHAN, 2018). Eles são liberados no ambiente de diferentes fontes, natural e antropogênico. Fontes antropogênicas de poluição por metais pesados incluem efluentes industriais, esgoto doméstico e escoamento agrícola. As indústrias causam poluição em meio ambiente e têm um impacto negativo no ambiente e nos ecossistemas naturais. (BANGASH; ALAM, 2004).

A presença de metais em ambientes aquáticos também causa grande preocupação devido a seus efeitos ecotoxicológicos, persistência e risco de acúmulo, representa um risco para a saúde de espécies de peixes importantes para consumo humano (AHMAD *et al.*, 2010; MARCUSSEN *et al.*, 2014; RAJKOWSKA; PROTASOWUCKI, 2013; ZHANG *et al.*, 2016).

Na sua alta posição trófica nas redes alimentares, os peixes acumulam concentrações relativamente altas de metais pesados (SIRAJ *et al.*, 2014). A transferência trófica de metais pesados potencialmente tóxicos no cadeias alimentares humanas, especialmente em peixes, têm implicações importantes para a saúde humana.

A tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, é um dos peixes mais comuns de água doce usados em estudos toxicológicos, é um dos peixes mais afetados pela bioacumulação de metais pesados, e diante dos estudos foi comprovada que possui uma alta sensibilidade ao efeito tóxico.

3.1.1 Características da tilápia

As tilápias são naturais do continente africano, Israel e Jordânia, encontradas nas bacias dos rios Nilo, Níger, Tchade e lagos do Centro–Oeste africano. Por não apresentar espinhas em forma de “Y” na sua musculatura o seu filé é bem aceito na indústria, e tem uma boa aceitação no mercado por possuir uma carne de boa qualidade. Por ter alta produtividade, este tipo de peixe é conhecido como frango aquático, isso está associado por aceitar dietas artificiais desde o seu estágio larval (VICENTE; ELIAS; FONSECA-ALVES, 2014).

As características do peixe são favoráveis, seu cultivo vem sendo cada vez mais conhecido em todo o mundo, por ser de fácil manipulação, reprodução rápida, elevada taxa de crescimento, dificilmente apresenta problemas nutricionais, e se adaptam facilmente em diversos ambiente. A cultura da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) aumentou em água doce

desde a sua introdução na Tailândia, Japão na década de 1960, sendo encontrada em diversos reservatórios de águas naturais e artificiais (NAZRUL et al., 2011).

A tilápia possui listras verticais, coloração acinzentada e corpo comprimido lateralmente, dividido em três regiões: cabeça, tronco e cauda. Tilápias adultas chegam até 60 cm em comprimento, com peso entre 4,3 a 9,5 kg. A cabeça estende-se da ponta do focinho até a abertura do opérculo, o tronco vai do opérculo até o orifício anal, a partir daí tem o início da cauda. A boca encontra-se na posição terminal, atrás dos olhos existe uma placa em forma de meia-lua, o opérculo, que serve como tampa para a cavidade branquial. Têm-se quatro pares de brânquias, as nadadeiras são estruturas externas, sua função é fazer com que as tilápias tenham estabilidade na água (SILVA et al., 2015).

A tilápia nilótica tem hábito alimentar onívoro, ingerindo grande variedade de alimentos, mas, com frequência, é considerada peixe filtrador pois alimenta-se de fitoplâncton. O valor nutricional do alimento natural tem muita influência, podendo ser utilizado em cultivos comerciais como alimento de boa qualidade (PEREIRA; SILVA, 2012).

A tilápia pertencentes à Família Cichlidae é uma importante espécie comercial de peixes de água doce em todo o mundo e desempenha um papel importante na aquicultura pesqueira (MERT; CICEK, 2010).

3.2 Produção da tilápia

Com o grande crescimento de produção de tilápia, em diversas regiões do Brasil houve uma necessidade de se expandir novas áreas de cultura para uma maior produção desse peixe, com novas tecnologias (BRASIL, 2015). A comercialização da tilápia no mercado internacional ocorre na forma de filés congelados ou peixe congelado inteiro (SUSSEL, 2013).

De acordo com o IBGE (2017), a tilápia continua sendo a espécie de peixe mais criada no país. Naquele ano, a espécie foi responsável por 58,4% da produção nacional da piscicultura. Esse volume é três vezes maior que o da segunda espécie mais criada no país, o tambaqui (*Colossoma macropomum*), que responde por 18,2% da produção nacional. O Brasil é o 4º maior produtor mundial de Tilápia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCULTURA, 2019).

Entre as regiões geográficas, o Sul do Brasil permaneceu na liderança, produzindo 42% da tilápia brasileira; em seguida, vêm o Sudeste e o Nordeste. Os estados que mais produziram foram Paraná, São Paulo e Minas Gerais Já a cidade de Orós (CE) é quem lidera na produção de Tilápia, a única espécie produzida no município, com a despesa de 8,74 mil toneladas (IBGE, 2016).

Um dos fatores mais importantes para o crescimento do peixe, é a qualidade da água, pois quando estas apresentam de baixa qualidade, acaba caindo o rendimento, os peixes não crescem, muitas vezes não sobrevivem, o que leva a uma menor produção e consequentemente os produtores não tem lucros, pois gastam com a alimentação e o peixe não consegue sobreviver por conta da água de baixa qualidade (MACARI, 2013).

Diversos são os fatores que interferem no crescimento dos peixes, como por exemplo: o período, a temperatura do ambiente em que são cultivados, fatores climáticos, salinidade da água, disponibilidade de alimentos, tudo isso afeta o crescimento e o ganho de peso, deve-se também levar em consideração o gasto de energia do peixe, se ele se locomove muito ou pouco, o que acaba afetando também o crescimento dele, como também outros parâmetros.

3.3 Importância Industrial

O filé é o principal produto de tilápia no Brasil. No entanto a falta de matéria-prima de qualidade seja um problema encontrado por alguns processadores de tilápia, existe uma falta geral de capacidade de processamento para a indústria brasileira da mesma. Isso indica que existem ineficiências a serem abordadas na cadeia de valor da tilápia (incluindo distribuição geográfica desequilibrada das instalações de processamento de tilápias (FAO, 2014).

Uma outra importância da tilápia no setor industrial é a utilização da sua pele, pois vem se tornando um possível subproduto, com aplicabilidade clínica de novos biomateriais utilizáveis para a bioengenharia, é considerado também um produto nobre e de boa qualidade pois seu couro é altamente resistente e possui uma epiderme por um epitélio pavimentoso estratificado com extensas camadas de colágeno (FRANCO *et al.*, 2013).

3.4 Importância da composição de minerais em pescados

Os metais podem ser benéficos e essenciais para os organismos. No entanto, deve ser em baixas concentrações, pois em elevadas concentrações acabam sendo prejudiciais à saúde, os metais essenciais são: sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio (AVILA-CAMPOS; NAKANO, 2015).

A composição de diversos minerais na dieta de peixes é de extrema importância. O fósforo é um dos minerais mais importantes no desenvolvimento dos peixes devem atender as exigências necessárias para que haja um bom desempenho e não comprometa a qualidade da água de cultivo, pois juntamente com o nitrogênio podem provocar eutrofização dos corpos d'água, portanto o uso de quantidades adequadas de fosforo é de extrema importância pois

teores elevados podem provocar poluição no ambiente de criação prejudicando o desenvolvimento desses peixes (DIEMER *et al.*, 2011).

A nutrição dos oligoelementos progrediu bastante lentamente. Os fatores inorgânicos de ocorrência natural elementos são considerados essenciais para todos os animais de criação incluindo peixes, apenas alguns deles foram estudados em detalhe em peixes. Os requisitos alimentares são estabelecidos para macrominerais como Ca, K, Mg, Na e P e microminerais como Cu, Fe, I, Mn, Se e Zn para uma ou mais espécies de peixes (NRC, 2011).

O zinco também tem grande importância, pois participa do metabolismo de diversas enzimas nos organismos vivos (AYALA *et al.*, 2010). Este microelemento exerce funções específicas, que vai desde o crescimento e replicação celular, até a estabilização de lisossomas nos processos de síntese proteica e de membrana para a circulação de elementos celulares (PINHEIRO; PORTO; MENEZES, 2005). Com isso a grande variação de concentração desse mineral pode estar associada a diversos processos patológicos. (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

O peixe é uma excelente fonte da maioria dos minerais que o corpo precisa se desenvolver adequadamente e desempenhar suas funções. Cálcio e fósforo (sem o qual o desenvolvimento adequado dos ossos é impossível) ocorrer em filetes de peixe nas mesmas quantidades como na ronda de carne bovina. Embora os peixes contenham menos ferro que a quantidade encontrada na carne vermelha, o ferro no peixe branco é bem absorvido e também fonte útil de ferro. Os ossos macios de peixes pequenos, como sardinha e fundiões e variedades enlatadas como salmão são especialmente valiosas fontes de cálcio (ABELTI, 2017).

Estudos têm demonstrado com as funções, deficiência, disponibilidade, utilização, toxicidade, interação com outros nutrientes e meio ambiente, que os minerais de várias espécies de peixes podem ser limitados e mal definido quando comparados aos dados de outros nutrientes em peixes ou dados sobre minerais em animais terrestres. Isto é, atores específicos relacionados à idade, sexo, ganho de peso e composição corporal. Sendo necessários mais investigações sobre os minerais e oligoelementos das várias espécies de peixe. Além disso, fatores ambientais, como concentração de minerais na água, salinidade e temperatura do sistema de criação (PRABHU; KAUSHIK, 2016).

3.5 Exposição aos metais e os riscos de saúde do consumidor

O ambiente aquático tem sido alvo de muita preocupação pois sua exposição a diversos poluentes são descarregados diariamente nesse ambiente, essa contaminação está associada a um rápido crescimento populacional, urbanização, grande número de atividades agrícolas e uma maior exploração de recursos naturais, os peixes são os mais afetados pois possuem uma

grande acumulação de metais tóxicos, e por ser uma das fontes alimentares de milhões de pessoas, acabam expondo os consumidores ao acúmulo desses metais no organismo (ISHIKAWA; RANZANI-PAIVA; LOMBARDI, 2007)

A bioacumulação de metais pode ser influenciado tanto pelo tipo de metal, quanto pela espécie de peixe podendo se acumular em diversos tipos de órgãos como fígado e brânquias do animal, porém muito encontrado também no musculo parte mais consumida pela população (DORNELLES, 2016).

O acúmulo de metais nos peixes se dá por vários fatores, como a idade dos peixes sendo um dos principais fatores pois quanto mais velho maior o tempo de exposição do animal, as estações do ano, propriedades físicas e químicas da água pode desempenhar um papel significativo no acúmulo de metal em diferentes tecidos de peixes (KASPER et al., 2007).

A exposição a curto prazo de altas doses desses metais pode causar náuseas, vômitos, abdominais distúrbios e fadiga e a longo prazo podem ser classificados como um provável carcinógeno humano pela Agência Internacional de Pesquisa sobre câncer, podem levar também a déficits cognitivos e de desenvolvimento em crianças e distúrbios reprodutivos em homens e mulheres, podem causar insuficiência renal, doenças no fígado e problemas no sistema nervoso central (SILVA *et al.*, 2017).

Os peixes apesar de serem nutritivos e benéficos a saúde da população, seu consumo com altas concentrações desses metais podem ter efeitos cancerígenos, citotóxicos e mutagênicos, podendo causar efeitos deletérios a saúde humana (RAUF; JAVED; UBAIDULLAH, 2009).

3.6 Contaminação de peixes por Zn, Pb e Hg e os riscos de saúde

A poluição da água doce tem se tornado uma grande preocupação nas ultimas décadas, pois tem causado muitos danos água e aos organismos aquáticos. Com essa poluição podemos citar os metais que estão entre os fatores mais poluentes do ambiente aquático. Seu acúmulo acaba contaminando os peixes e que trazem muitos riscos a saúde humana (BOUELFADL, 2016).

A contaminação do ser humano por metais tóxicos se dá pelo consumo do peixe contaminado, o que pode levar a uma grave deterioração da saúde humana, se tornando altamente tóxicos se forem consumidos em altas concentrações (BASIONY, 2014).

O zinco é um elemento essencial na dieta de plantas e animais, no entanto seu excesso se torna tóxico quando é encontrado em altas concentrações no organismo. Os efeitos tóxicos

aparecem rapidamente, pois peixes com altas concentrações de zinco rapidamente morrem, prejudicam também o desenvolvimento, retardando a maturação e taxa de crescimento (LINS *et al.*, 2010).

O chumbo é um metal não bioacumulável na grande maioria dos peixes, porém eles podem acumular partículas em alguns organismos da cadeia alimentar aquática, como nos mexilhões e larvas, ou seja. As tilápias geralmente apresentam altos teores de Pb no filé uma das partes mais consumida pela população, o que se torna preocupante pois altos teores de Pb podem causar efeitos deletérios no homem. Seu efeito toxico está relacionada basicamente aos sistemas nervoso e hematopoiético, podendo trazer problemas renais, cardiovasculares e reprodutivos (KPEE; OZIOMA; IHUNWO, 2009; MARENGONI *et al.*, 2014).

O mercúrio é um elemento altamente tóxico, podendo ser por meio da exposição, aguda através da ingestão de alimentos contaminados por metilmercúrio, que pode ser leve ou fatal, com vômitos freqüentes, tremores, ataxia, parestesia, paralisia, afonia, cegueira, coma e morte, ou da forma crônica podendo causar uma série de sintomas típicos como redução da sensibilidade visual, da coordenação motora e variações comportamentais, indicando uma ação neurotóxica específica, coma e podendo levar a morte também (MORGANO *et al.*, 2005).

4 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura baseada na análise de artigos referente a metais pesado em peixes. O delineamento da metodologia se baseia na identificação e seleção das bases de dados disponíveis para o tema, Scielo, PubMed, BVS, periódicos CAPES, Science Direct, Scopus, Citeseer Library, no período com intervalo de 2010 a 2020. Os descritores utilizados na busca dos artigos foram: minerais, metais pesado, peixes, zinco, cálcio e foi produzida uma lista que resultou do levantamento dos artigos de inclusão/exclusão; realizou-se análise crítica, interpretação e a discussão dos dados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1, apresenta a caracterização das contaminações por metais pesados em peixes, avalia os riscos para saúde humana e poluições ambientais por diversos pesquisadores, que desenvolveram os seguintes trabalhos:

Segundo Amaro *et al.* (2014), em sua pesquisa relatou que em períodos com uma menor concentração de chuvas não foram detectados níveis elevados de Hg com relação aos níveis de referência, porém encontram cinco amostras com níveis acima do recomendado, concluindo que para que consome essas espécies correm riscos de contaminação pois ultrapassam o limite máximo de ingestão representado pelo *Codex Alimentarius*.

Para El-Batrawy *et al.* 2018 em seu estudo observou que na lagoa onde foi feita a pesquisa existem diferentes fontes de poluição, ou seja, existem locais em que a poluição é menor então consequentemente os níveis de metais são mais alto. Níveis altos de Fe em peixes se dá pela liberação de sedimentos como sulfetos, para o Zn ele relata que se torna prejudicial se for uma exposto por um tempo muito longo, já os altos níveis de Pb decorrem de práticas agrícola, onde contem fertilizantes, agroquímicos e pesticidas, contaminando assim as águas e consequentemente os peixes.

A concentração dos metais analisados no seu estudo variou muito em diferentes meses do ano, e ele correlaciona essa variação com a quantidade de drenagem de esgotos domésticos, agrícolas, industriais, pois quanto maior o escoamento desses esgotos maior a concentração de metais nos peixes. Já para as concentrações no musculo do peixe que é a parte mais comestível não houve uma variação significativa onde ele associou a diferentes atividades fisiológicas dos peixes (EL-KORASHY *et al.*, 2018).

Os peixes podem absorver os metais por diversas maneiras como por exemplo pelas brânquias, pelos alimentos, aparelhos digestivos, e que a quantidade absorvida depende da quantidade de metal que existe nas águas contaminadas. De acordo com suas análises dos metais analisados, todas as amostras de peixes estavam dentro da normalidade, não apresentando riscos para saúde do consumidor (GOMES *et al.*, 2020).

De acordo com Zuluaga *et al.* (2015), apontam em seus estudos que elevados níveis de Hg são facilmente encontrados em peixes predadores, e que em estação de inverno os níveis de metais chegam a ser mais altos, porém tipo de espécies, idade, tamanho não estão intimamente ligados ao maior acumulo de metais tóxicos.

No estudo de Khalil *et al.* (2014), foi observado que a exposição dos peixes a Pb apresentaram várias erosões nas brânquias, escurecimento do fígado, baço e fratura óssea fácil

(osteomalacia), o que eles associaram com a metabolização do Pb que ocorre através da via metabólica do Ca^{+} , e que com o passar do tempo, os crescimentos dos peixes, esse metal vai se acumulando cada vez mais nos órgãos e se tornando altamente prejudicial à saúde do consumidor.

Detectaram nas análises altos índices de metais pesados em tilápia um peixe altamente consumido por toda população, e a concentração de Pb foi a mais alta apresentando um risco para saúde dos consumidores, no entanto o fígado foi o órgão analisado que mais concentrou metais, o que deixou-os um pouco mais tranquilos, visto que é uma parte raramente consumida, portanto não teria tantos malefícios a saúde do consumidor, mas poderia ser uma via de transporte desses metais para outros órgãos PARVIN *et al.*, 2019.

Para Santarossa et al., 2018, Em seus experimentos puderam observar que a concentração do metal nas brânquias é alta em todas as concentrações de metal, seja ele dissolvido ou isolado, já no músculo eles puderam observar isso, e explicam o fato de que as guelras absorvem mais esses metais por conta da sua alta capacidade de absorção.

TABELA 1: Metais pesados em peixes

REFERÊNCIAS	REVISTA	TÍTULO	OBJETIVO	CONCLUSÕES
J. ZULUAGA R. <i>et al.</i> 2015	Vitae, revista de la facultad de 14 tilápia14 14tilápia14ticas y alimentarias	Conteúdo de hg, cd, pb e As como nas espécies de peixe: uma revisão	Informar sobre a contaminação de peixes por Hg, Cd, Pb e As e implicações sobre a saúde humana	Os estudos apresentados nessa revisão podem ser usados como base para futuras comparações
SANTAROSSA <i>et al.</i> 2018	Boletim do instituto de pesca	Acumulação de cobre e cádio em brânquias e tecido muscular de tilápia (<i>oreochromis niloticus</i>) sob condições experimentais	Documentar a acumulação de cobre e cádmio nas guelras e músculos da tilápia	A tilápia não concentrou suficientemente Cu e Cd no tecido comestível para representar restrições ao consumo humano
ESILABA <i>et al.</i> , 2020	BioOne Complete	Avaliação de risco para a saúde humana de metais em espécies de peixes comumente consumidas em Nakuru Town, Quênia	Determinar a ingestão de cádmio (Cd), cobre (Cu) e chumbo (Pb) e avaliar o risco não cancerígeno à saúde humana causado por esses metais em espécies de peixes	Doses de Cd e Cu eram seguras para saúde dos consumidores, já as doses de Pb apresentaram possíveis riscos à saúde

GOMES <i>et al.</i> , 2020	Environmental Science and Pollution Research	Metais, arsênio, pesticidas e microcistinas em tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) de parques de aquicultura no Brasil	Avaliar o risco para a saúde humana devido à consumo de tilápia cultivada em tanques-rede em oito parques aquícolas no Brasil.	Altos níveis de ingestão de metais o que indica que a intoxicação por microcistina é um possível risco para saúde.
EL-BATRAWY <i>et al.</i> 2018	The Journal of Basic and Applied Zoology	Avaliação do impacto de alguns metais pesados em peixes tilápia, <i>Oreochromis niloticus</i> , em Lago Burullus, Egito	Avaliar alguma poluição de metal no Lago Burullus	Em alguns peixes foram encontrados altas concentrações de metais, mas foram aceitos pelos limites da legislação internacional e são seguros para consumo humano.

Tabela 02 a partir do estudo de Khalil *et al.* (2014) mais pesquisadores caracterizaram os impactos da toxicidade dos metais, ingestão de concentrações, bioacumulação de metais em tilápia, que foram os focos de investigações científicas:

Tabela 2. Metais pesados em peixes

REFERENCIAS	REVISTA	TITULO	OBJETIVO	CONCLUSÕES
KHALIL et al., 2014	World of Researches Publication	Alguns estudos sobre toxicidade de metais pesados em orocromis Peixe Niloticus com Referência Especial à Bioquímica Biomarcador de sangue devido à toxicidade de chumbo	Investigar os impactos da toxicidade do Chumbo (Pb) e do papel do Cálcio (Ca), melhorando a saúde dos peixes.	Foi recomendado o uso de Ca para remover o impacto de toxicidade por Pb
AMARO CSO et al., 2014	Rev Pan-Amaz Saude	Concentração de mercúrio total (Hg-T) em peixes comercializados em diferentes períodos sazonais no mercado do Ver-o-Peso, Belém, Estado do Pará, Brasil	Determinar a concentração de mercúrio total (Hg-T) em peixes comercializados no Mercado do Ver-o-Peso em Belém, Estado do Pará, Brasil.	A ausência ou moderada correlação encontrada sugere a necessidade de novos estudos para melhor compreensão do índice nutricional do pescado e da contaminação por mercúrio.
ISLAM et al., 2019	Online First	Bioacumulação de metais pesados em diferentes tecidos de Tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) em Bangladesh	Avaliar a bioacumulação de cinco metais pesados, cádmio cromo, chumbo, níquel e cobre de tilapia do Nilo na região de Noakhali de Bangladesh	A bioacumulação de Pb, Cr e Ni na tilapia do Nilo neste estudo excede a limites permitidos
EL-KORASHY et al., 2018	Research Gate	Concentração de alguns metais pesados na água e nos músculos de tilápia (oreochromis niloticus) fornecido por três fontes de água diferentes	Avaliar as concentrações de Fe, Cd, Pb, Zn e Mn, na água e nos músculos de tilapia.	As maiores concentrações de metais foram encontradas nos músculos dos peixes

6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados, conclui-se que os peixes têm uma boa quantidade de macro e microminerais importantes para nossa saúde, porém pode apresentar altas concentrações de metais pesados gerados do ambiente aquático específicos, onde diversos fatores influenciam a contaminação, bioacumulação, e intoxicações causadas tanto para as Tilápias como para o homem que se expõe a esse consumo frequente dessas espécies de peixes contaminados, capazes de causar intoxicação e colocar em riscos de saúde as populações.

Então, há necessidade de mais estudos aprofundados, porque são poucas as contribuições de pesquisas relevantes desses conteúdos sobre este tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELTI, A. L. **Minerals Content and Fatty Acids Profile of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fillet from Lake Zeway: Effect of Endogenous Factors.** *Journal of Nutrition & Food Sciences*, v. 7, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://www.longdom.org/open-access/minerals-content-and-fatty-acids-profile-of-nile-tilapia-oreochromis-niloticus-fillet-from-lake-zeway-effect-of-endogenous-factors-2155-9600-1000574.pdf>> Acesso em 23 de Setembro de 2020.
- ABOUELFADL, K. Y. et al. Heavy Metals Levels in the Blood of *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus* as Biomarkers of Metal Pollution in the River Nile. *International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology*, 1(1): 1-12, 2016.
- AHMAD, I. et al. Comparison of heavy metals burden in two freshwater fishes *Wallago attu* and *Labeo dyocheilus* with regard to their feeding habits in natural ecosystem. *Pak J Zool*, 2010.
- ALINNOR, I.J.; OBIJI, I.A. Assessment of Trace Metal Composition in Fish Samples from Nworie River. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9, 81-85. 2010.
- ALI, H., KHAN, E. Assessment of potentially toxic heavy metals and health risk in water, sediments, and different fish species of River Kabul, Pakistan. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24:8, 2101-2118, 2018.
- AMARO, C. S. O. Concentração de mercúrio total (Hg-T) em peixes comercializados em diferentes períodos sazonais no Mercado do Ver-o-Peso, Belém, Estado do Pará, **Brasil.** *Rev Pan-Amaz Saude*, Amazônia, 2014.
- AL SAYEGH PETKOVŠEK, S.; KOPUŠAR, N.; KRYSTUFEK, B. Small mammals as biomonitors of metal pollution: A case study in Slovenia. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PSICULTURA. **Anuário BR da Psicultura.** 2019. Disponível em: < <https://www.peixebr.com.br/anuario-peixe-br-da-piscicultura-2019/>> Acesso em 01 de Setembro de 2020.
- ATLI, G.; CANLI, M. **Response of antioxidant system of freshwater fish *Oreochromis niloticus* to acute and chronic metal (Cd, Cu, Cr, Zn, Fe) exposures.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73: 1884-1889. 2010. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20870289> > Acesso em 10 de Março de 2020.
- AVILA-CAMPOS, M. J.; NAKANO, V. **Metais Pesados: Um Perigo Eminente.** São Paulo: Departamento de Microbiologia da Universidade de São Paulo. 2015. Disponível em: < http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/index.php?option=com_content&view=article&id=33&Itemid=56&lang=br > Acesso em 20 de Setembro de 2020.
- AYALA, M. D. *Et al.* Muscle tissue structural changes and texture development in sea bream, *Sparus aurata* L., during post-mortem storage, LWT. *Food Science and Technology*, v. 43, p. 465-475, 2010. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643809002734> > Acesso em 17 de Agosto de 2020.

BANGASH, F. K.; ALAM, S. **Extent of pollutants in the effluents of Hayatabad Industrial Estate**, Peshawar. J Chem Soc Pak 26(3):271–8, 2004.

BASIONY, A. I. **Environmental studies on heavy metals pollution and management of lagoon Burullus**, Egypt. 2014.

BOSTOCK, J. et al. Aquaculture: global status and trends. Philosophical Transactions of the Royal Society B: **Biological Sciences** 365, 2897-2912. 2010. Disponível em: < <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2010.0170>> Acesso em 03 de Setembro de 2020.

BOTELHO, H A. de. et. al. **Selênio e vitamina em dietas para tilápias-do-nilo**. In: Nucleus. v.14, n. 2. Goiás, 2017. Disponível em:< <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/2703>> Acesso em 05 de Agosto de 2020.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Melhoramento Genético da Tilápia**, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1036709/1/CNPA_SA2015doc23.pdf>; Acesso em: 07 de Agosto de 2020.

CALDER, P.C. **Mechanisms of action of (n-3) fatty acids**. J Nutr 142, 592S-599S. 2012. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22279140>> Acesso em 22 de Setembro de 2020.

CHAMPOLIM B. M. **Determinação das Concentrações de Elementos Traços Metálicos: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb E Zn em Mexilhões (Perna Perna) coletados na Ilha De Urubuqueçaba – Baía de Santos – São Paulo – Brasil**. 2016. 31 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA. São Paulo, 2016.

DIEMER, O. *et. al.* **Níveis de fósforo total na alimentação de juvenis de jundiá criados em tanques-red**. Goiânia, v. 41, n. 4, p. 559-563, out./dez. 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pat/v41n4/a17v41n4.pdf>> Acesso em 12 de Setembro de 2020.

DORNELLES, F. N. **Avaliação de cobre e zinco em água, sedimento e peixes do Rio Apucarantina na região da Terra Indígena Apucarana (Tamarana, PR)**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Londrina, 2016.

EL-BATRAWY, O. A. et al. Impact assessment of some heavy metals on tilapia fish, *Oreochromis niloticus*, in Burullus Lake, In: **The Journal of Basic and Applied Zoology**, Egypt, 79:13, 2018.

EL-KORASHY, S. A. et al. Some heavy metals concentrations in water and tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscles of fish farms supplied by three different water sources. In: **Abbassa Int. J. Aqua.**, Vol.11 No.(1), 2018.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. [Embrapa.br]. **Pesquisa retrata principais polos de criação de tilápia do Brasil**. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/41185405/pesquisa-retrata-principais-polos-de-criacao-de-tilapia-do-brasil>>. Acesso em 12 de Setembro de 2020.

ESILABA, F. et al. Human Health Risk Assessment of Trace Metals in the Commonly Consumed Fish Species in Nakuru Town, Kenya. **Environmental Health Insights**, 2020.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>>. Acesso em 18 de Setembro de 2020.

FRANCO, M.L.R.S *et. al.* **Comparação das peles de tilápia do Nilo, pacu e tambaqui: histologia, composição e resistência**. Arch Zootec. 2013; 62 (237):21-32. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922013000100003> Acesso em 19 de Setembro de 2020.

GOMES, L. C. et al. Metals, arsenic, pesticides, and microcystins in tilapia (*Oreochromis niloticus*) from aquaculture parks in Brazil. **Environ Sci Pollut Res**, 2020.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf> Acesso em 17 de Setembro de 2020.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de tilápia no Brasil**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/41185405/pesquisa-retrata-principais-polos-de-criacao-de-tilapia-do-brasil>. Acesso em 17 de Setembro de 2020.

ISHIKAWA, N. M.; RANZANI-PAIVA, M. J.T.; LOMBARDI, J. V. Acute toxicity of mercury (hgcl2) to nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. In: **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 33(1): 99 - 104, 2007.

ISLAM, S. et al. Bioaccumulation of heavy metals in different tissues of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Bangladesh. **Mal J Nutr** 25(2): 000-000, 2019.

JABEEN, G.; JAVED, M.; AZMAT, H. Assessment of heavy metals in the fish collected from the river Ravi, Pakistan. **Pakistan Veterinary Journal**, 2012. 32:107-111. Disponível em: < <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PK2012000850>> Acesso em 08 de Agosto de 2020.

JIANG, J. *Et.al.* Dietary intake of human essential elements from a Total Diet Study in Shenzhen. **Journal of food composition and anlysis**. Guangdong Province, China, 39:1-7, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157514001872>> Acesso em 09 de Agosto de 2020.

KASPER, D. et al. Mercúrio em peixes – fontes e contaminação. In: **Oecol. Bras.**, 11 (2): 228-239, RJ, 2007.

KHALIL, R.H. et al. Some Studies on Heavy Metal toxicity in Oreochromis Niloticus Fish with Special Reference to Biochemical Biomarker of Blood Due to Lead Toxicity. **Am. J. Life. Sci. Res.** Vol. 2, Issue 4, 416-425, 2014.

KHITOUNI, I. K. et al. Seasonal variation of the chemical composition, fatty acid profiles and mineral elements of Diplodus Annularis (Linnaeus, 1758) caught in the Tunisian coastal water. **Journal of Food and Nutrition Research** 2(6):306–311. 2014. Disponível em: <<http://www.sci epub.com/JFNR/abstract/2224>> Acesso em 20 de Setembro de 2020.

KICZOROWASKA, B. *et al.* Nutrient and Mineral Profile of Chosen Fresh and Smoked Fish. **Nutrients**, v. 11, 1448, 2019. Disponível em: <https://www.google.com/search?ei=PM7wXZ_4HsnZ5OUP3rCg0AY&q=Study+of+fillet+mineral+of+fish++pdf+2016&oq=Study+of+fillet+mineral+of+fish++pdf+2016&gs_l=psy-ab.12...10202.10921..23336...1.0..0.263.781.2-3.....0....1..gws-wiz.xHqLRuz9_FY&ved=0ahUKEwifhqu3uq3mA hXJLLkGHV4YCGoQ4dUDCAo> Acesso em 21 de Setembro de 2020.

KOSAI, P. *et. al.* Morphometric Characters of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) in Thailand. **Walailak Journal**. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/286218234_Morphometric_Characters_of_Nile_Tilapia_Oreochromis_niloticus_in_Thailand> Acesso em 06 de Agosto de 2020.

KPEE, F.; OZIOMA, E.; IHUNWO, L. Seasonal variation of Cd, Ni, Cu and Pb in catfish, sediment and water samples from Ipo Stream in Ikwerre District of Rivers State, Nigeria. **Journal of Applied Sciences & Environmental Management**, v. 13, n. 2, p. 63-67, 2009.

KULAWIK, P. et al. Nutritional Composition of Frozen Fillets from Pangasius Catfish (Pangasius hypophthalmus) and Nile Tilapia (Oreochromis nilotcus) Imported to European Countries. **Annals of Animal Science**, mar, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/298856758_Nutritional_Composition_of_Frozen_Fillets_from_Pangasius_Catfish_Pangasius_hypophthalmus_and_Nile_Tilapia_Oreochromis_nilotcus_Imported_to_European_Countries/link/570d187508aed31341cf36c2/download> Acesso em 10 de Agosto de 2020.

LAZZARI, R.; RADUNZ-NETO, J. Exigências de Vitaminas e Minerais para Peixes. In: SAKOMURA, N.K. et al. L. **Nutrição de não-ruminantes**, Jaboticabal: FUNEP, 2014. p. 313-329.

LIMA, D. P. *et. al.* **Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil.** ACTA Amazônica, VOL. 45(4) 2015: 405 – 28 414. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/aa/v45n4/1809-4392-aa-45-04-00405.pdf> >. Acesso em 06 de Agosto de 2020.

LINS, J. A. P. N. et al. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambiente**, Curitiba- v. 8, n. 4, p. 469-484, 2010.

MACARI, S. M. **Desenvolvimento de formulação de embutidos cozidos à base de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus).** 2013. 75f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de

Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <
<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/29784>> Acesso em 22 de Setembro de 2020.

MARCUSSEN, H. et al. Species-specific content of As, Pb, and other elements in pangas (Pangasianodon hypophthalmus) and tilapia (Oreochromis niloticus) from aquaculture ponds in southern Bangladesh. **Aquacult**, 2014.

MARENGONI, N. G. et al. Bioacumulação de metais pesados em tilápia do nilo e retenção no solo e sedimento dos viveiros com adição de probióticos na dieta. **Biosci. J.**, Uberlandia, v. 30, n. 4, p. 1158-1167, 2014.

MERT, R. *et al.* **Determination of heavy metal contents in some freshwater Fishes.** Environmental Monitoring and Assessment, 2014. 186: 8017–8022. Disponível em:<
https://www.researchgate.net/publication/264793485_Determination_of_heavy_metal_contents_in_some_freshwater_fishes> Acesso em 20 Agosto de 2020.

MERT, R.; CICEK, E. **Range expansion of introduced tilapia species (Oreochromis niloticus, L. 1758, Cichlidae) in Turkey.** J. Ani. Vet. Adv. 2010; 9, 1753-6. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/250303785_Range_Expansion_of_Introduced_Tilapia_Species_Oreochromis_niloticus_L_1758_Cichlidae_in_Turkey> Acesso em 30 de agosto de 2020.

MORGANO, M. A.; GOMES, P.C.; MANTOVANI, D. M. B.; PERRONE, A. A. M.; SANTOS, T. F. Níveis de mercúrio total em peixes de água doce de pisciculturas paulistas. **Ciênc Tecnol Aliment.** 2005; 25(2):250-3.

NAZRUL, K. M. S. *et al.* **Morphological variability of the 11th generation strain of Nile tilapia, (Oreochromis niloticus) and traditional genetically improved farmed tilapia.** J. Bangladesh Agri. Univ. 2011; 9, 345-9. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/235959283_Morphological_variability_of_the_11th_generation_strain_of_nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_and_traditional_genetically_improved_farmed_tilapia> Acesso em 27 de Agosto de 2020.

NRC- **Nutrient requirements of fish and shrimp.** National Academies Press, Washington D. C., USA, 2011. Disponível em:< <https://www.feedipedia.org/node/21440>> Acesso em 20 de Setembro de 2020.

OLIVEIRA, E. G. D. *et al.* **Produção de tilápia:** mercado, espécie, biologia e recria. Embrapa Meio Norte Teresina, 12p, 2007. Disponível em:
 <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/69806/1/Circular45.pdf> > Acesso em: 15 de Setembro de 2020.

PARVIN, A. Bioaccumulation of heavy metals in different tissues of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) in Bangladesh. **Mal J Nutr**, 2019.

PEREIRA, P. et al. **The relevance of temporal and organ specific factors on metals accumulation and biochemical effects in feral fish (Liza aurata) under a moderate contamination scenario.** Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 805-816, 2010. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20304495>> Acesso em 9 de Agosto de 2020.

PEREIRA, A. C.; SILVA, R. F. **Produção de tilápias**. Niterói: Programa Rio Rural, 2012. Disponível em: <http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/31_Producao_de_Tilapias.pdf> Acesso em 29 de Agosto de 2020.

PINHEIRO, D. M.; PORTO, K. R. A.; MENEZES, M. E. S. **A Química dos Alimentos: carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e minerais**. Alagoas: EDUFAL, 2005. Disponível em: <http://www.usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos/A_Quimica_dos_Alimentos.pdf> Acesso em 27 de Agosto de 2020.

PRABHU, P. A. J.; SCHRAMA, J. W.; KAUSHIK, S. J. Mineral requirements of fish: a systematic review. **Reviews in Aquaculture**, v. 8, p. 172–219, 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/raq.12090>> Acesso em 17 de Setembro de 2020.

RAHMAWATI, E.T et al. Organochlorine Pesticide Residue in Catfish (*Clarias sp.*) Collected from Local Fish Cultivation at Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia. **Procedia Environmental Sciences** 17, 3-10. 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029613000078>> Acesso em 09 de Setembro de 2020.

RAUF, A.; JAVED, M.; UBAIDULLAH, M. Heavy metal levels in three major carps (catla catla, labeo rohita and cirrhina mrigala) from the river Ravi. **AGRIS**, Pakistan, 2009.

RAJKOWSKA, M., PROTASOWUCKI, M. Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland. **Environ Monit Assess**, 2013.

SANTAROSSA, M. A. da S. et al. Copper and cadmium accumulation in gills and muscular tissue of tilapia (*Oreochromis niloticus*) under experimental conditions. **Boletim do instituto de pesca**, 44(3): e332, 2018.

SILVA, M. A. et al. Tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a Biondicator of Copper and Cadmium Toxicity. A Bioavailability Approach. **J. Braz. Chem. Soc**, 2017.

SILVA, G. F. et al. **TILÁPIA-DO-NILO Criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná**. Curitiba: Gia, 2015. Disponível em:< <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2017/12/Livro-pronto.pdf>> Acesso em 27 de Agosto de 2020.

SIRAJ, M. et al. A comparative study of bioaccumulation of heavy metals in two fresh water species, Aorichthys seenghala and Ompok bimaculatus at River Kabul, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. **J Biodiver Environ Sci** 4(3):40–54, 2014.

SUSSEL, F.R. **Burocracia atravanca a produção de tilápias**. *Anualpec*. v. 20, p. 294. 2013.

VICENTE, I. S. T.; ELIAS, F.; FONSECA-ALVES, C. E. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, São Paulo, p. 392-398, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/271829682_Perspectivas_da_producao_de_tilapia_do_Nilo_Oreochromis_niloticus_no_Brasil>. Acesso em 25 de Agosto de 2020.

WAHEED et al. Isolation and biochemical characterization of rhizobium from pea crop at Swabi. **International Journal of Biosciences**. 2014.

ZHANG, Y. et al. Heavy metals in aquatic organisms of different trophic levels and their potential human health risk in Bohai Bay. **Environ Sci Pollut Res**, China, 2016.

ZULUAGA RODRÍGUEZ, J. et al. Content of hg, cd, pb and as in fish species: a review. vitae, **Revista de la facultad de ciencias farmacéuticas y alimentarias**. V. 2, n. 2, Colombia, 2015.

,