

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

**UM BREVE LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE OS ÁCIDOS
GRAXOS ÔMEGA-3 E SUAS CARACTERÍSTICAS**

WANDERLINO DE SOUSA AGUIAR NETO

Uberlândia

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

**UM BREVE LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE OS ÁCIDOS
GRAXOS ÔMEGA-3 E SUAS CARACTERÍSTICAS**

WANDERLINO DE SOUSA AGUIAR NETO

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção
do grau de bacharel em Química Industrial
apresentado ao Instituto de Química da
Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Welington de Oliveira Cruz

Uberlândia

2018

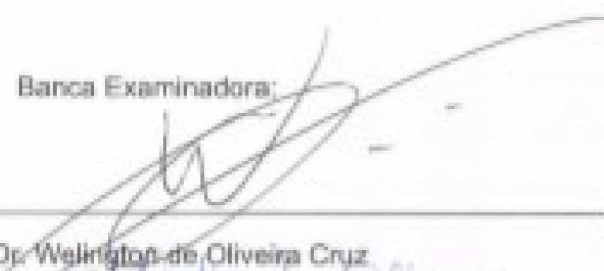
WANDERLINO DE SOUSA AGUIAR NETO

**UM BREVE LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE OS ÁCIDOS
GRAXOS ÔMEGA-3 E SUAS CARACTERÍSTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção
do grau de bacharel em Química Industrial
apresentado ao Instituto de Química da
Universidade Federal de Uberlândia.

Uberlândia, Setembro de 2018.

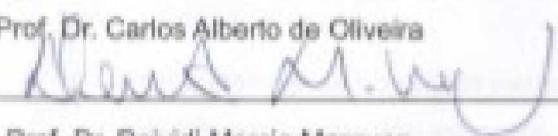
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Wellington de Oliveira Cruz



Prof. Dr. Carlos Alberto de Oliveira



Prof. Dr. Deividi Marcio Marques

Este trabalho é dedicado aos meus pais, amigos e familiares que comigo estiveram durante essa jornada de muito estudo, esforço e trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me ajudar a superar as dificuldades e adversidades vividas durante a jornada deste trabalho. Sem essa força divina nada teria sido concretizado.

A Universidade Federal de Uberlândia, e seus profissionais que nela integram, pela oportunidade, e conhecimento compartilhado.

Aos professores pela dedicação, compromisso e contribuições valorosas, em prol de um objetivo comum de compartilhar conhecimentos.

Aos meus pais, irmãos e demais familiares, pelo apoio e carinho. Agradeço por tudo que fizeram por mim, ajudando - me nas horas difíceis, vocês são tudo que tenho em minha vida.

Aos meus queridos e honrosos amigos pelo apoio, consideração e por acreditar na minha capacidade. E ainda pelo apreço e confiança em nosso curso, buscando somar conhecimentos e caráter com todos que nele integram.

A todos os demais que não foram citados, mas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

“Ninguém é tão grande que não possa aprender,
e nem tão pequeno que não possa ensinar”

RESUMO

Atualmente estudos relacionados aos benefícios dos ácidos graxos poli-insaturados como o ômega-3 tem sido amplamente difundidos no meio acadêmico, na intenção de avaliar e estudar os benefícios para a saúde. O levantamento foi realizado através de uma pesquisa bibliográfica, considerando a devida relevância do tema, buscando conhecer e reunir informações sob o olhar de alguns autores. Tendo em vista, também, a importância em relação ao resultado que um levantamento bibliográfico apresenta, podendo ser aplicado com intervenções informativas e educativas para a contribuição da pesquisa e formação do profissional químico. Assim, atendendo aos objetivos propostos, como explicar sobre o ômega 3, suas fontes e efeitos e analisar estudos em que o utilizaram.

Palavras-chave: Ômega 3, EPA, DHA, ácidos graxos, doenças.

ABSTRACT

Currently studies related to the benefits of polyunsaturated fatty acids such as omega-3 have been widely diffused in the academic world, with the intention of evaluating and studying the health benefits. The survey was carried out through a bibliographical research, considering the relevance of the theme, seeking to know and gather information under the eyes of some authors. Considering also the importance in relation to the result that a bibliographic survey presents, and being applied with informative and educational interventions for the contribution of research and training of the chemical professional. Thus, considering the proposed objectives, how to explain about omega 3, its sources and effects and analyze studies in which they used it.

Keywords: Omega 3, EPA, DHA, fatty acids, diseases

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura dos ácidos ômega 6 e ômega 3.....	20
Figura 2. Estrutura dos ácidos ALA, EPA e DHA.....	21
Figura 3. Biossíntese dos ácidos graxos.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição e perfil lipídico corporal de jundiás submetidos a diferentes densidades de estocagem	28
Tabela 2. Composição de ácidos graxos em salmão (% de área relativa).....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGAI-CL.	Ácidos Graxos Altamente Insaturados de Cadeia Longa
ALA.	Ácido Alfa-linolenico
CT.	Colesterol total
DHA.	Ácido Docosahexaenoico
ECL.	Comprimento Equivalente de Cadeia
EPA.	Ácido Eicosapentaenóico
FDA.	Food and Drugs Administration
HDL.	Lipoproteínas de Alta Densidade
LDL.	Lipoproteínas de Baixa Densidade

SUMÁRIO

Sumário.....	12
1.INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. METODOLOGIA	17
4. ESTUDO DE LITERATURA	18
4.1. Histórico	18
4.2. Propriedades do ômega-3	20
4.3. Efeitos distintos do EPA e DHA	23
4.4. A essencialidade dos ácidos graxos	23
4.5. Avaliação dos ácidos graxos n-3 e n-6 em peixes marinhos e de água doce	25
4.6. Técnicas de identificação e quantificação de ácidos graxos	26
4.7. Análises de ácidos graxos em peixes no Brasil	29
4.8. Ação dos ácidos graxos em doenças	32
4.8.1. Câncer	32
4.8.2. Doenças cardiovasculares	33
4.8.3. Ácidos graxos e doenças neurológicas	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
6. REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

A qualidade de vida se constitui em um dos objetivos a ser alcançado no presente estágio de desenvolvimento da humanidade. O prolongamento da vida é cada vez menos um desafio técnico para a ciência. Cada vez mais valoriza-se o bem estar, e é com base nessa busca que várias pessoas hoje tentam encontrar uma melhoria na saúde, alimentação, atividades físicas, e viver dentro de um bem-estar que colabore com os preceitos da qualidade de vida.

Diante das diversas variáveis que existem hoje na realidade e no cotidiano, uma delas é que todos buscam viver bem, e pode-se dizer que é uma noção humana que tem sido aproximada ao grau de satisfação encontrado na vida familiar, amorosa, social e ambiental e à própria estética existencial. Pressupõe a capacidade de efetuar uma síntese cultural de todos os elementos que determinada sociedade considera seu padrão de conforto e bem-estar.

O termo abrange muitos significados, que refletem conhecimentos, experiências e valores de indivíduos e coletividades que a ele se reportam em variadas épocas, espaços e histórias diferentes, sendo, portanto, uma construção social com a marca da relatividade cultural. Segundo Buss (2000) pode-se considerar que:

[...] Existem evidências científicas abundantes que mostram a contribuição da saúde para a qualidade de vida de indivíduos ou populações. Da mesma forma, é sabido que muitos componentes da vida social que contribuem para uma vida com qualidade são também fundamentais para que indivíduos e populações alcancem um perfil elevado de saúde. É necessário mais do que o acesso a serviços médico assistenciais de qualidade, é preciso enfrentar os determinantes da saúde em toda a sua amplitude, o que requer políticas públicas saudáveis, uma efetiva articulação intersetorial do poder público e a mobilização da população [...]

Além dessa busca de qualidade de vida relacionada à saúde ser muito comum, vem sendo associada a alimentação, como no caso do uso de ômega-3, na alimentação ser associada a melhorias na saúde. O ômega-3 começou a ter sua reputação construída nos anos 1970, quando estudiosos identificaram um menor

risco cardíaco entre esquimós da Groenlândia, cuja dieta era composta essencialmente de peixes, baleias e focas (fontes naturais da substância).

Desde então seu uso vem se popularizando, sendo conhecido por diversos outros benefícios como: resguardar a memória, ajudar na perda de peso, fortalecer o sistema imunológico, evitar olho seco, preservar a audição, afastar alguns tipos de câncer, tornar os ossos resistentes, o efeito mais clássico creditado ao ômega-3, porém, foi e ainda é a proteção de órgãos vitais – basicamente por sua destreza em combater processos inflamatórios, pano de fundo para o surgimento de males cardiovasculares.

Devido ao potencial anti-inflamatório, o ômega-3 também é estudado em outras áreas. Experimentos mostram que o mesmo tem grande utilidade para quem sofre de um tipo de epilepsia conhecido como refratária – nesse caso, os medicamentos para controlar as crises convulsivas não funcionam direito, o nutriente auxilia a conter a perda de neurônios e estimula a formação de novas células nervosas.

Também não existem dúvidas sobre sua contribuição na formação do cérebro dos bebês, tanto que em 2014 a Associação Brasileira de Nutrologia divulgou um consenso que recomenda a oferta de DHA, especialmente via suplementação para mulheres nos dois últimos trimestres de gestação, durante a amamentação e até os 2 anos de vida da criança.

O envelhecimento é um processo fisiológico natural, caracterizado por várias alterações em nosso corpo, podendo elas serem metabólicas e anatômicas, que afetam diretamente a capacidade funcional do indivíduo, e como se sabe a nutrição pode interferir de maneira direta no processo de envelhecimento.

A suplementação de nutrientes, como vitaminas, minerais, ácidos graxos essenciais e compostos bioativos, torna-se necessária nesta fase quando há um desequilíbrio no organismo do idoso que pode levá-lo a um estado de carência nutricional e maior risco de desenvolver doenças relacionadas à idade, como osteoporose, fraqueza muscular, doenças cardiovasculares, entre outras.

Como se sabe o ômega-3 é considerado um ácido graxo essencial, que apresenta diversos benefícios para a saúde do idoso. Além de modular o perfil lipídico, por auxiliar na diminuição de triglicérides e colesterol LDL, o mesmo pode

ainda auxiliar na prevenção contra doenças cardiovasculares. Este importante nutriente atua com propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes colaborando na prevenção e tratamento de doenças como perda de memória, dificuldade de aprendizagem e doenças de Alzheimer. Com base nessas informações, definiu-se como o objetivo do presente estudo descrever os efeitos do ômega-3, ácido graxo comumente encontrado em peixes como atum, sardinha, salmão, bacalhau e arenque e vegetais como soja e noz, na prevenção de doenças relacionadas ao processo de envelhecimento, assim como doenças cardiovasculares. No nosso país hoje essas doenças tem atingido altos graus mortalidade, que acaba tendo um grande índice de ocorrências por falta de cuidados e muitas vezes por falta de informações, da própria saúde, e de como cuidar e prevenir esses índices.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar na literatura, a importância do ômega-3 do ponto de vista químico, assim como destacar sua importância e técnicas de extração.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contextualizar os benefícios do ômega-3 assim como sua composição e ação;
- Explorar o histórico do ômega-3, assim como suas fontes;
- Analisar estudos que utilizaram ômega-3.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa e melhor compreensão do tema, este Trabalho de Conclusão de Curso foi elaborado a partir dos registros, análise e organização dos dados bibliográficos, instrumentos que permitem uma maior compreensão e interpretação crítica das fontes obtidas. O levantamento foi fundamentado em artigos publicados nos últimos anos disponíveis nas bases Web of Science, NCBI e Google Acadêmico. Também foram consultados capítulos de livros pertinentes ao tema e páginas eletrônicas, os descritores utilizados para a busca dos artigos “ômega-3”, “ômega-3 e seus benefícios”, “ácidos graxos” e suas respectivas traduções para o inglês.

Para a organização do material, foram realizadas as etapas e procedimentos onde se busca a identificação preliminar bibliográfica que abrange o período de 1975 à 2015, catalogação e organização de resumo, análise e interpretação do material, bibliografia, revisão e relatório final.

Segundo Fogliatto e Silveira (2007), a revisão bibliográfica, é aquela que reúne ideias provenientes de diferentes fontes, objetivando incorporar uma nova teoria ou uma nova forma de apresentação para um assunto. Segundo Cooper (1989), esse tipo de revisão é caracterizado como um método que integra vários resultados obtidos de pesquisas sobre o mesmo assunto, com o objetivo de abreviar e reduzir esses conteúdos, analisando esses dados para desenvolver uma explicação mais ampla de um fenômeno específico, é a mais abrangente forma de pesquisa e revisão, devido à integração de diversos estudos experimentais e não-experimentais, questões teóricas e/ou empíricas.

Pode-se dizer que a revisão bibliográfica é o emprego de técnicas e procedimentos científicos que limitam ou dão direção para a seleção de artigos, onde se examina com consciência crítica os artigos e se consubstanciam todos os estudos relevantes em um tópico específico (PERISSÉ, 2001).

Em relação à sua importância, estudiosos afirmam que esse método pode criar uma sólida base de conhecimentos, capaz de guiar a prática profissional e identificar a necessidade de novas pesquisas (SAMPAIO, MANCINI, 2018).

4. ESTUDO DE LITERATURA

4.1. HISTÓRICO

Pesquisas relacionadas à ácidos graxos e especificamente os da família ômega-3 vem sido elaboradas desde 1920, tendo destaque nos anos 70 quando o Dr. Dyerberg, dinamarquês, levantou a hipótese de que a raridade de doenças cardíacas coronárias entre a população “Inuit”, esquimós que habitam regiões árticas como Groelândia e Alaska, e poderia ser oriunda dos ácidos graxos ômega-3 em sua dieta, consistindo principalmente de peixes oleosos e de água fria. Juntamente com seus colegas pesquisadores, ele passou a esclarecer os efeitos fisiológicos únicos desses ácidos graxos. Com isso, fez várias descobertas que explanam muitos dos benefícios para a saúde, derivados do consumo de óleos de peixe (ômega-3). Tudo começou em 1968, quando um editorial apareceu no jornal semanal da Sociedade Médica Dinamarquesa, apontando para o padrão incomum de doenças entre essa população (PASSWATER, 2010).

Entre as muitas diferenças entre o padrão da doença desses esquimós da Groenlândia e o padrão da doença dos dinamarqueses, esses esquimós tinham uma taxa de mortalidade surpreendentemente baixa devido a doenças cardíacas, apesar de sua dieta tradicional à base de focas e peixes e, conseqüentemente, bastante rica em gordura animal. A gordura animal é considerada como um fator de risco para doença coronariana devido ao aumento do colesterol sanguíneo. A taxa de mortalidade por idade para homens de 45 a 65 anos na Groenlândia, na época da pesquisa (1970) era de 5,3% em comparação com 40,4% nos Estados Unidos (PASSWATER, 2010).

Foram coletados sangue de 130 esquimós em jejum, com isso usaram um antigo cromatógrafo a gás de coluna única sem programação de temperatura e sem colunas capilares. Mas foi notado alguns picos extras na análise de ácidos graxos das amostras de sangue. Os diferentes picos representam a presença de compostos diferentes à medida que eluem da coluna de separação ao longo do tempo, após analisar seus lipídios e lipoproteínas no sangue descobriu que apesar da dieta rica em gordura, os esquimós tinham níveis favoráveis de lipídios no sangue. Seus níveis de colesterol eram mais baixos do que os encontrados nos

dinamarqueses, mas os níveis de colesterol no sangue não eram baixos o suficiente para explicar a diferença marcante nos ataques cardíacos em comparação aos dinamarqueses e americanos (PASSWATER, 2010).

Com isso o Dr. Dyerberg levantou a hipótese de que o fato da raridade da doença cardíaca coronária entre os "Inuit" poderia ser devido aos ácidos graxos ômega-3 em sua dieta, consistindo principalmente de peixes oleosos e de água fria (PASSWATER, 2010).

Ao aprofundar a pesquisa Dyerberg e Bang, determinaram que o sangue obtido dos esquimós tinha um tempo de coagulação quase duas vezes maior que o sangue dos dinamarqueses e que essa diferença no tempo de coagulação estava relacionada positivamente com a baixa mortalidade por doença coronariana entre os esquimós em relação aos dinamarqueses. Além disso, plaquetas isoladas de esquimós mostraram estabilidade reduzida após exposição a adenosina difosfato e colágeno, comparado com plaquetas isoladas de dinamarqueses (DYERBERG, 1979).

Como as porcentagens de consumo de gordura na dieta eram semelhantes entre esquimós e dinamarqueses da Groenlândia, mas o perfil lipídico indicava concentração reduzida de ácido linoleico em esquimós, uma teoria desenvolveu que a diferença marcante na doença coronariana poderia ser devido à grande diferença na ingestão de gorduras dos esquimós (DYERBERG, 1975).

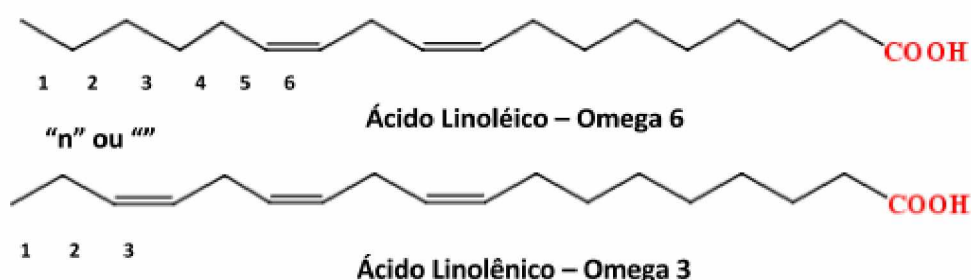
E assim foi o início dos últimos 40 anos de pesquisa sobre os chamados efeitos do óleo de peixe para a saúde humana. E com a continua pesquisa e aprofundamento sobre os seus benefícios em 2004, o óleo de peixe concentrado foi aprovado como medicamento pela FDA para o tratamento da hiperlipidemia. Com os avanços na concentração de lipídios e técnicas de extração e purificação, os produtos enriquecidos com EPA ou DHA estão cada vez mais sendo disponíveis comercialmente, e a disponibilidade desses componentes isoladamente, permitem que seus efeitos individuais sejam examinados. Derivados recentemente sintetizados e metabólitos descobertos detalhadamente de DHA exibem utilidade terapêutica para obesidade, síndrome metabólica e doença cardiovascular (YONGGANG, LYNDSEY, HALADE, 2012).

4.2. PROPRIEDADES DO ÔMEGA-3

Ômega-3 são ácidos graxos poli-insaturados, comumente encontrados em peixes considerados de água fria (por exemplo salmão, atum, sardinha, bacalhau), pode ser encontrado também em óleos vegetais, sementes de linhaça, nozes e alguns tipos de vegetais. (MORAES, COLLA, 2006). Algas marinhas são capazes de sintetizar os ácidos graxos DHA e EPA, os quais entram na cadeia alimentar marinha (SOUZA, NETO, MAIA, 2003). O mesmo é caracterizado assim porque é um ácido carboxílico, e apresenta a dupla ligação, que geralmente está no carbono 3 a partir do radical metil (CH₃) (MORAES, COLLA, 2006).

A família de ômega-3, de ácidos graxos é definida como os ácidos graxos que têm seu primeiro carbono "insaturado" como o terceiro carbono da extremidade "ômega" da molécula. Os ácidos graxos são componentes de gorduras semelhantes à formação dos aminoácidos, que são semelhantes a blocos de construção de proteínas. Um ácido graxo tem vários átomos de carbono ligados juntos como uma cadeia com um grupo funcional "ácido" [COOH] em seu átomo de carbono inicial. O grupo "ácido" é facilmente identificado porque é o único grupo de ácidos graxos que contém átomos de oxigênio. Neste caso o primeiro átomo de carbono na "espinha dorsal" ou "cadeia" de ácidos graxos é então chamado de carbono "alfa", como demonstrado na Figura 1. (YONGGANG, LYNDSEY, HALADE, 2012).

Figura 1: Estrutura dos ácidos ômega-6 e ômega-3



Fonte: GRIMALDI, 2017

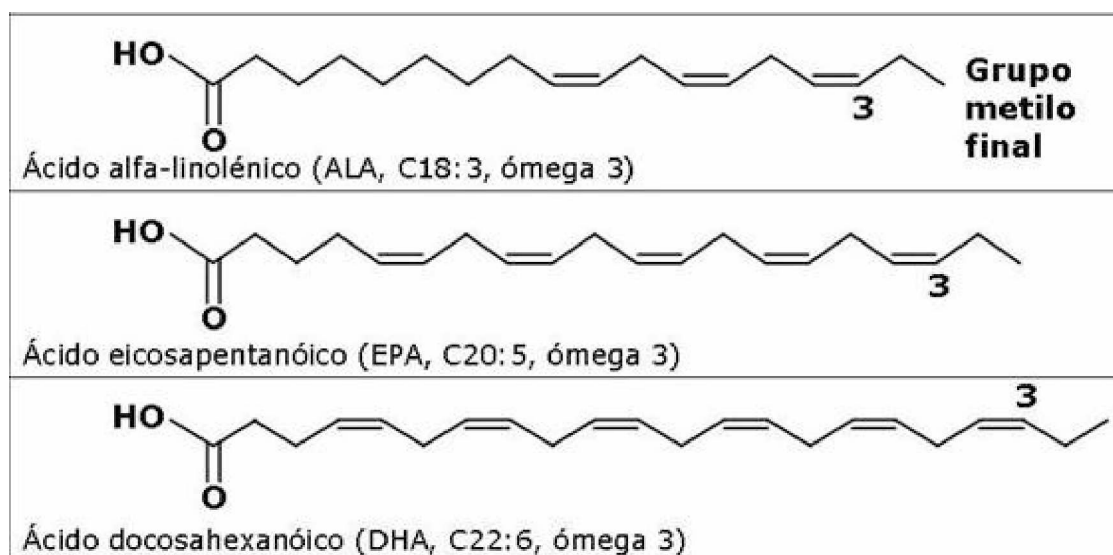
O final do ácido graxo mais distante do grupo ácido é chamado de extremidade "ômega", que por vezes é chamada de "extremidade metílica". Dizem que esse átomo de carbono contém o grupo metila terminal (CH₃). Se um átomo de

carbono não está totalmente saturado com hidrogênio, diz-se que ele é "insaturado" e está ligado a um átomo de carbono vizinho, que também é insaturado por uma ligação dupla. A localização da primeira dupla ligação contada a partir do final ômega determina se um ácido graxo pertence à família ômega-6, ômega-3 ou outro ômega (YONGGANG, LYNDSEY, HALADE, 2012).

Os seres humanos não podem interconverter os ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 entre si, nem podem fazer qualquer um desses ácidos graxos a partir do zero. Além disso, os ômegas-3 não funcionam da mesma maneira e, o mais importante, nem todos os ácidos graxos ômega-3 são biologicamente iguais. Os seres humanos não podem converter qualquer que seja quantidade significativa de membros ômega-3 mais curtos em EPA e DHA (YONGGANG, LYNDSEY, HALADE, 2012).

Os ácidos graxos imprescindíveis da família ômega-3 são o alfa-linolênico C18:3 – 18 carbonos e 3 insaturações, o eicosapentanoico EPA C20:5 – 20 carbonos e 5 insaturações, e o docosahexanoico DHA C22:6 – 22 carbonos e 6 insaturações (Figura 2). (PIMENTEL, FRANCKI, GOLLUCKE, 2005).

Figura 2: Estrutura dos ácidos ALA, EPA e DHA



Fonte: O AUTOR

Os ácidos graxos de cadeia longa da família ômega-3 (EPA e DHA) são sintetizados nos seres humanos a partir do ácido linolênico. Este ácido graxo é também o precursor originário das prostaglandinas, leucotrienos e tromboxanos

com atividade anti-inflamatória, anticoagulante, vasodilatadora e antiagregante (RODRÍGUEZ, MEGÍAS, BAENA, 2003; PIMENTEL, FRANCKI, GOLLUCKE, 2005).

Apesar das controvérsias, o consumo complementar de ácidos graxos ômega-3 (DHA e EPA) na dieta está sendo discutido e recomendada por profissionais. Estudos epidemiológicos têm apresentado resultados satisfatórios, pois a ingestão de peixes regularmente na dieta tem efeito favorável sobre os níveis de triglicerídeos, pressão sanguínea, mecanismo de coagulação e ritmo cardíaco, na prevenção do câncer (mama, próstata e cólon) e redução da incidência de arteriosclerose (SOUZA, NETO, MAIA, 2003).

Os ácidos graxos ômega-3 são também imprescindíveis para os recém-nascidos por corresponder a um terço da estrutura de lipídeos no cérebro, a carência destas substâncias pode ocasionar redução da produção de enzimas relacionadas às funções do aprendizado. O suprimento adequado de DHA na alimentação dos bebês é fundamental para o desenvolvimento da retina (MORAES, COLLA, 2006).

Além de seu papel nutricional na dieta, os ácidos graxos ômega-3 podem ajudar a prevenir ou tratar uma vasta diversidade de doenças, englobando doenças do coração, câncer, artrite, depressão e mal de Alzheimer entre outros. Os ácidos graxos ômega-3 devem ser consumidos numa proporção equilibrada com os ácidos graxos ômega-6 (MORAES, COLLA, 2006).

Segundo Moraes e Colla (2006), estudos mostraram os efeitos causados pela substituição de gordura saturada por gordura monoinsaturada na dieta, com a redução nos níveis de colesterol total e de LDL, sem alterar significativamente os níveis de HDL (high density lipoprotein). O azeite de oliva é rico em ácido oleico (ômega-9), contendo de 55 a 83 % deste ácido graxo.

4.3. EFEITOS DISTINTOS DO EPA E DHA

O óleo de peixe normalmente contém as duas espécies químicas EPA e DHA, que são semelhantes entre si em termos de grupos funcionais, mas diferentes em termos de comprimento da espinha dorsal de carbono e grau de insaturação. O EPA tem 20 átomos de carbono e 5 ligações duplas (20: 5), enquanto o DHA tem

uma cadeia mais longa de 22 átomos de carbono e 6 ligações duplas (22: 6) (GORJÃO, et. al, 2009).

O maior grau de insaturação no DHA provavelmente resulta em maior seletividade e condutividade de prótons, aumentando a permeabilidade das membranas lipídicas (GORJÃO, et. al, 2009).

Estas diferenças na estrutura de DHA produzem efeitos muito diferentes na inflamação, pressão arterial e frequência cardíaca, função endotelial, aterosclerose e efeitos pós-infarto do miocárdio na deposição de colágeno (YONGGANG, LYNDSEY, HALADE, 2012).

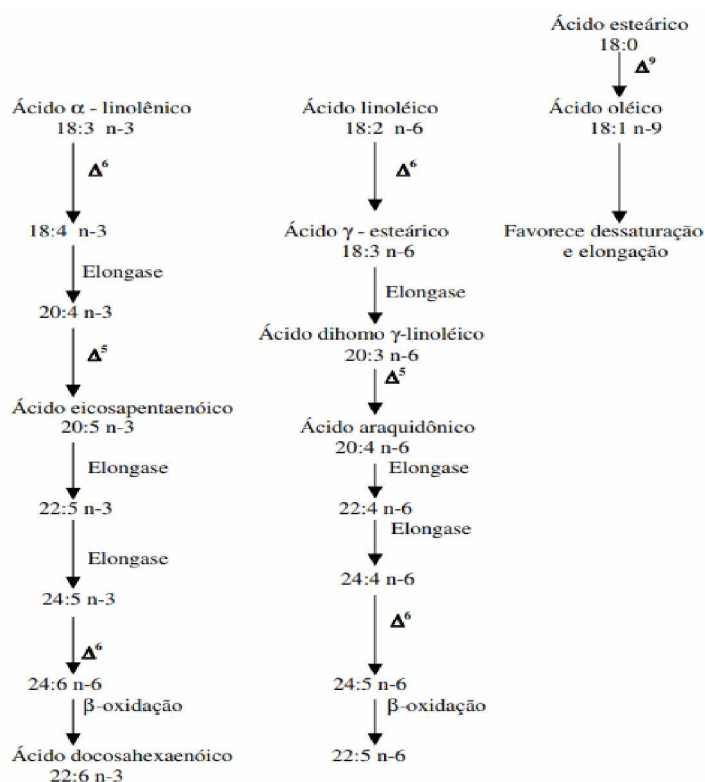
4.4. A ESSENCIALIDADE DOS ÁCIDOS GRAXOS

É de grande importância explicitar que existe uma diferença significativa entre a composição de ácidos graxos essenciais de organismos terrestres e aquáticos. Enquanto que, nos tecidos de animais terrestres existe uma predominância de ácidos graxos da série linoleica (família n-6), principalmente do ácido linoleico (LA, 18:2n-6) e araquidônico (AA, 20:4n-6), nos organismos aquáticos, de uma forma geral, a influência destes, está relacionada aos ácidos graxos da série linolênica (família n-3), seja para espécies marinhas ou para espécies de água doce. Com isso, podem ser encontradas também altas concentrações de ácidos graxos da família n-6 em espécies de água doce (MARTINO, TAKAHASHI, 2001).

É muito comum encontrar descrito na literatura que os ácidos linoleico, alfa linolênico, e araquidônico, ou outros ácidos graxos, como por exemplo, os ácidos DHA e EPA apresentam atividades de ácidos graxos essenciais. No entanto, deve-se restringir cada vez mais o número de ácidos graxos essenciais que possam realmente ser considerados especificamente essenciais, neste caso, não basta saber se um determinado ácido graxo tem a capacidade de curar as manifestações patológicas causadas por uma dieta livre de lipídios, para adicionar à alimentação um determinado ácido graxo, é necessário também estabelecer definitivamente se este ácido graxo não é sintetizado pelas células do animal em estudo a partir de um ácido graxo precursor (VISENTAINER, 2003).

O metabolismo animal não tem capacidade de dessaturar para a extremidade metila e, portanto, a conversão de membros de uma família ômega em outra não é possível em mamíferos. Os animais são incapazes de produzir as famílias ômega-6 e ômega-3 que, portanto, devem ser supridas pela alimentação. Dessa forma, os ácidos linoleico e linolênico, precursores destas famílias, são essenciais para os animais, sendo sintetizados somente pelas plantas. Todos os mamíferos podem sintetizar ácidos graxos novos, a partir de acetil coenzima A. O produto final da enzima ácido graxo sintetase é o ácido palmítico (16:0), o qual pode ser alongado a ácido esteárico (18:0) (Swenson & Reece, 1996).

Figura 3: Biossíntese dos ácidos graxos



Fonte: RIBEIRO, 2003

Com isso, devido à importância do ácido araquidônico para muitas atividades vitais celulares, desenvolvimento do cérebro e retina (SCHMIDT, 2000), o mesmo é considerado como essencial. No homem, à medida que o tempo passa e envelhece, o organismo pode perder a capacidade de transformar um antecessor em seus ácidos graxos subsequentes das famílias. Principalmente, quando a idade afeta a atividade da enzima 6 - dessaturase e a insuficiência dessa enzima causam uma

deficiência de ácidos graxos em ambas às famílias n-3 e n-6. Com a ocorrência de baixas concentrações ou até mesmo a ausência desses componentes pode acelerar o processo de envelhecimento, além do mais podem aumentar a probabilidade de desenvolvimento de várias doenças degenerativas (EWIN, 1997).

Na tentativa de suprir eventuais deficiências de ácidos graxos, alguns especialistas sugerem suplementos alimentares contendo o ácido linoléico e o ácido alfa linolênico, como precursores, que ajudariam a suprir a falta dos metabólitos sequenciais das famílias n-3 e n-6 (VISENTAINER, 2003).

4.5. AVALIAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS n-3 E n-6 EM PEIXES MARINHOS E DE ÁGUA DOCE

As diferenças nas demandas qualitativas de ácidos graxos essenciais de espécies de peixes de água doce e espécies marinhas têm sido conhecidas a longo tempo. Espécies de água doce possuem de uma forma geral, todas as enzimas com capacidade de alongar e dessaturar ácidos graxos precursores, para seus correspondentes sequenciais de uma determinada família n-3 ou n-6 (MARTINO, TAKAHASHI, 2001).

Segundo Visentainer, 2003, as análises revelaram uma diferença significativa na composição qualitativa e quantitativa de ácidos graxos no conteúdo lipídico entre diferentes espécies de peixes de água doce e marinha.

Portanto, os ácidos graxos linoléico e alfa-linolênico, como precursores, podem satisfazer as exigências das necessidades de ácidos graxos essenciais. As espécies marinhas, no entanto, apresentam variações muito grandes da atividade enzimática, algumas espécies possuindo uma quantidade extremamente baixa ou até mesmo nenhuma capacidade de bioconversão nas famílias (MARTINO, TAKAHASHI, 2001).

Assim, os ácidos graxos altamente insaturados de cadeia longa (AGAI-CL), apresentam 20 ou mais átomos de carbono com três ou mais duplas ligações, especialmente os ácidos EPA e DHA, e devem ser suplementados na dieta para um ótimo crescimento destes peixes (MARTINO, TAKAHASHI, 2001).

A diferença no metabolismo de ácidos graxos entre peixes marinhos e peixes de água doce observada *in vivo* também foi confirmada com pesquisas envolvendo linhagens de células destes peixes (MARTINO, TAKAHASHI, 2001).

Pesquisadores afirmaram que peixes marinhos apresentam grandes quantidades dos ácidos DHA e EPA nos fosfolipídios de suas membranas celulares e que o ácido DHA, nestes peixes, não pode ser obtido pela síntese (fontes não lipídicas) e nem a partir do precursor ácido alfa linolênico. Portanto, os ácidos EPA e DHA são constituintes essenciais e devem estar presentes na dieta de peixes marinhos (SARGENT *et al.*, 1999).

Segundo Zenebe, Ahlgren e Gustafsson (1998), os fitoplanctons e zooplanctons de origem marinha são ricos em ácidos graxos n-3, enquanto os de água doce possuem maior quantidade de ácidos graxos n-6.

4.6. TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS

Dentre as dificuldades encontradas pelos pesquisadores com relação à composição de ácidos graxos, particularmente em peixes, destacam-se as dificuldades para os métodos de identificação e quantificação. Em geral, essa dificuldade ocorre devido a identificação dos diversos ácidos graxos, e é feita por meio da comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos da amostra com os respectivos padrões de referência. Alguns trabalhos utilizam valores como o ECL (*Equivalent Chain Length*), comprimento equivalente de cadeia. Outros métodos são ainda utilizados na identificação, como o método gráfico, e a comparação do tempo de retenção relativo, assim como os fatores de separação (VISENTAINER, 2003).

Em uma análise cromatográfica, o tempo de retenção é muitas vezes utilizado para a identificação provisória de substâncias cujas identidades definitivas deverão ser confirmadas por métodos mais conclusivos, como por exemplo, espectrometria de massas (MAIA, 1992).

A combinação de parâmetros de retenção, determinados por cromatografia gasosa, com a informação estrutural proveniente do espectrômetro de massa (MS) se constitui em um dos mais decisivos e concretos métodos para identificação de compostos orgânicos complexos (VISENTAINER, 2003).

No Brasil, vários parâmetros para identificação dos ácidos graxos foram avaliados criteriosamente, concluindo-se que os valores de ECL e os espectros de massas demonstraram serem os mais confiáveis na identificação dos mesmos, quando utilizados em conjunto (MAIA, 1992).

Os valores de ECL deveriam ser sempre utilizados e podem reforçar a confiabilidade na identificação e caracterização de muitos ácidos graxos ou de outros componentes, uma vez que os parâmetros utilizados nos cálculos destes valores são habitualmente constituintes da própria amostra de peixe e não sobrecarregariam os custos da pesquisa (VISENTAINER, 2003).

No Brasil, a grande parte dos trabalhos com relação à composição de ácidos graxos em lipídios de peixes, expressa os resultados da composição em termos percentuais relativos, utilizando simplesmente o método da normalização simples. Desta forma, os valores percentuais encontrados muitas vezes não exprimem resultados reais em termos quantitativos, uma vez que o detector responde seletivamente entre as diferentes cadeias carbônicas dos ácidos. Além disso, o glicerol, esteróis, pigmentos e outros componentes que foram extraídos pelo sistema de extração, são normalmente ignorados (VISENTAINER, 2003).

Portanto, o uso de técnicas de quantificação, ou seja, técnicas que permitam determinar e expressar a concentração em termos de quantidade de ácido graxo por quantidade de matéria alimentícia ou do conteúdo lipídico devem, dentro do possível, ser incluído nestas análises. Isso permitirá melhores comparações quantitativas, aplicações nutricionais e construção de tabelas de composição, que certamente irão contribuir para o desenvolvimento de pesquisas na área (VISENTAINER, 2003).

Lazzari e colaboradores (2011), avaliaram o crescimento, a composição e o perfil lipídico corporal de jundiás (*Rhamdia quelen*) criados em diferentes densidades de estocagem. Concluíram que a elevação da densidade de estocagem proporciona redução no peso, aumento da biomassa e diminuição nos teores de ácidos graxos insaturados e na relação dos ômega 3/ômega 6 como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Composição e perfil lipídico corporal de jundiás submetidos a diferentes densidades de estocagem

Constituintes (%)	Densidade de estocagem (kg m ⁻³)			
	4,2	6,4	8,6	10,8
C14:0	1,48	1,54	1,45	1,30
C16:0	24,34	22,84	23,37	22,10
C18:0	8,57	8,14	7,93	8,12
C16:1 ω-7	5,69	6,40	6,30	5,61
C18:1 ω-9	35,47	35,53	35,75	36,48
C20:1 ω-9	0,90	0,94	0,68	1,09
C18:2 ω-6	18,97	19,76	19,33	19,66
C18:3 ω-3	1,34	1,32	1,35	1,61
C20:4 ω-6	1,07	1,15	1,29	1,23
C22:5 ω-3	0,29	0,33	0,44	0,39
C22:6 ω-3	1,29	1,32	1,55	1,57
Σ poliinsaturados (PUFA)	22,97	23,90	23,99	24,49
Σ insaturados (UFA)	65,13	66,87	66,79	67,73
Σ ω-3	2,93	2,98	3,36	3,58
Σ ω-6	20,04	20,91	20,63	20,90
Relação ω-3/ω-6	0,14	0,14	0,16	0,17
UFA/SFA	1,87	2,02	2,01	2,10

FONTE: LAZZARI (2011)

4.7. ANÁLISES DE ÁCIDOS GRAXOS EM PEIXES NO BRASIL

Os escassos trabalhos realizados no Brasil em décadas passadas, sobre a composição de ácidos graxos de óleos e gorduras, particularmente de peixes, apresentaram uma composição de ácidos graxos diferente daquelas encontradas em trabalhos mais recentes, e isso pode ser explicado devido à baixa resolução dos métodos analíticos empregados nas pesquisas anteriores, bem como o desenvolvimento e a aplicação de técnicas e equipamentos mais modernos (VISENTAINER, 2003).

Com isso, diversos pesquisadores no Brasil têm usado adequadas técnicas de extração de lipídios, por meio do uso de modernos equipamentos e técnicas de identificação, associados a colunas capilares de sílica fundida, que podem proporcionar melhores resultados, devido à separação de isômeros posicionais, geométricos, de ácidos graxos ramificados e de outros componentes graxos que possam estar presentes no conteúdo lipídico (VISENTAINER, 2003).

A extração de lipídeos se baseia na técnica desenvolvida por Bligh&Dyer em 1959 consistindo em duas etapas e utiliza a mistura de três solventes, clorofórmio, metanol e água, extraíndo lipídeos polares tanto quanto os apolares. Na primeira etapa, a proporção dos solventes é de 1:1:2 ($\text{CHCl}_3/\text{H}_2\text{O}/\text{MeOH}$) para a obtenção de apenas uma fase com a amostra, removendo os lipídeos presentes nas proteínas. Na segunda etapa é adicionado mais clorofórmio e água até que haja a mudança de proporção para 2:2:2 e ocorra a separação de fases. Os lipídeos ficarão separados na fase clorofórmica (RÊGO, 2012).

A detecção dos ácidos graxos de amostras de peixes pode ser feita através de um detector de massas utilizando a técnica de ionização por impacto de elétrons. A identificação dos ácidos é obtida através de um conjunto de parâmetros: comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos da amostra com os de padrões; comparação dos fragmentos das amostras com os fragmentos dos padrões (RÊGO, 2012).

Devido à versatilidade de métodos cromatográficos, que permitem o seu uso na purificação da amostra, pré-concentração, separação, identificação e quantificação de componentes, faz com que esta seja uma das técnicas mais utilizadas para a análise de amostras de alimentos. A cromatografia à gás em colunas capilares acoplada a detectores de massas (CG-EM), pela eficiência, alto poder de resolução e sensibilidade é uma técnicas analíticas mais utilizadas na determinação de ácidos graxos em peixes (LOPES, 2007).

A determinação da composição de ácidos graxos está se expandindo, deixando de ser realizada apenas em determinações de lipídios totais, mas sim em termos das diferentes classes e subclasses. E as determinações quantitativas de ácidos graxos, antes determinados em percentagens relativas, baseadas somente

no método da normalização simples, começaram a ser realizadas em termos de concentração, ou seja, quantidade de ácido graxo por quantidade de matéria alimentícia ou do conteúdo lipídico. Com essas pesquisas e estes desenvolvimentos, informações maiores e melhores quanto as suas especificidades como à quantidade, a natureza e o comportamento destes compostos nos lipídios de peixes têm sido muito estudada nos últimos anos (VISENTAINER, 2003).

Em relação aos resíduos, pode-se considerar que as vísceras de tilápias analisadas constituem uma excelente fonte energética, devido ao elevado teor de lipídios totais, em relação aos resíduos da mesma espécie ou de espécies diferentes. Considerando o elevado teor de lipídios totais, as razões entre os grupos de ácidos graxos (n-6/n-3 e AGPI/AGS) e a concentração de ácidos graxos ômega-3, especialmente os ácidos alfa linolênico, EPA e DHA, os resultados foram relevantes sob o ponto de vista nutricional (VISENTAINER, 2003).

Além disso, vísceras de tilápias podem apresentar um grande potencial como matéria prima para a formulação de rações, especialmente por ser em uma fonte de baixo custo, que muitas vezes é descartada, e de elevado teor de lipídios, no entanto, há necessidade de estudos sobre a viabilidade econômica deste processo (SOUZA, et al, 2005).

Análises experimentais foram realizadas objetivando a composição quantitativa dos ácidos graxos Eicosapentaenóico (EPA) e Docosahexaenóico (DHA), em diferentes partes do corpo de espécies de peixes marinhos da costa brasileira (atum, bonito, olho de boi, cavalinha, sardinha e serra). Os teores de EPA e DHA foram analisados em duas partes distintas: olho (órbita ocular e material gorduroso da cavidade ocular) e filés, sendo significativas as diferenças entre as mesmas (VISENTAINER, 2000).

Em outro trabalho realizado por Visentainer (2007), os teores de DHA para uma determinada espécie foram sempre superiores no olho em relação ao filé, sendo o mesmo observado para o EPA em quatro das espécies (olho de boi, cavalinha, sardinha e serra). Comparando-se a mesma espécie e partes do corpo dos peixes, observou-se que os teores de DHA foram superiores aos teores de EPA, exceto para a sardinha. A somatória dos níveis de EPA e DHA em filés foram maiores para as espécies sardinha e bonito, mostrando serem uma boa fonte

alimentar destes ácidos, especialmente a sardinha por ser uma fonte fácil de ser encontrada e com preço acessível no Brasil.

O salmão (*Salmo salar* L.) também foi estudado por Tonial (2010) com o objetivo de identificar a composição e o teor de ácidos graxos do tecido muscular sob duas formas: *in natura* e grelhado. Os resultados das análises das amostras analisadas, em ambas as formas, permitiram concluir que o salmão possui um bom teor de proteínas e alto teor de gordura e que o aquecimento não interferiu nos percentuais de ácidos graxos como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2: Composição de ácidos graxos em salmão (% de área relativa)

Ácido graxo	Salmão	
	<i>In natura</i>	Grelhado
C16:1 ω-7	5,85±0,52	5,67±0,30
C17:1 ω-10	0,95±0,13	0,93±0,09
C18:1 ω-9	18,32±1,11	17,98±0,48
C18:1 ω-7	3,96±0,07	4,10±0,23
C18:2 ω-6	3,95±0,10	3,97±0,11
C18:3 ω-3	0,81±0,00	0,80±0,01
C20:1 ω-9	2,50±0,10	2,69±0,11
C20:4 ω-3	1,41±0,08	1,44±0,08
C20:4 ω-6	1,77±0,47	2,02±0,16
C20:5 ω-3	8,48±0,48	9,14±0,34
C22:5 ω-3	3,97±0,40	4,46±0,31
C22:6 ω-3	17,50±2,75	18,41±1,09
Somatórios e razões		
AGS	30,55	28,39
AGMI	31,55	31,37
AGPI	37,90	40,24
ω-6	5,72	5,99

ω -3	32,17	34,26
ω -6/ ω -3	0,18	0,17
AGPI/AGS	1,24	1,42

FONTE: TONIAL, 2010

4.8. AÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS EM DOENÇAS

4.8.1. Câncer

Os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA), presentes nos peixes ricos em gordura e no óleo de peixe, têm impacto no câncer. Eles podem inibir a carcinogênese, retardar o crescimento de tumores e aumentar a eficácia da radioterapia e de várias drogas quimioterápicas, conforme demonstrado por estudos *in vitro*, experimentais com animais e alguns ensaios clínicos. Os ácidos graxos ômega-3, especialmente os EPAs, parecem ter importante papel na caquexia induzida pelo câncer. Há vários mecanismos de ação sendo estudados e propostos para explicar como os ácidos graxos ômega-3 podem modificar o processo de carcinogênese, devendo salientar a grande importância nos seguintes estudos, como: supressão da biossíntese dos eicosanóides derivados do ácido araquidônico; influência na atividade do fator de transcrição nuclear, na expressão gênica e nas vias de transdução de sinais; alteração do metabolismo do estrogênio; aumento ou diminuição da produção de radicais livres e espécies reativas de oxigênio e; influência nos mecanismos envolvendo a resistência à insulina e a fluidez das membranas. É importante salientar que devesse ter mais estudos aplicados nesta área (CARMO, CORREIA, 2009).

4.8.2. Doenças cardiovasculares

Estudos dietéticos sugerem três estratégias para a melhoria da saúde cardiovascular: a primeira delas é a substituição de gorduras saturadas e trans por gorduras insaturadas e poli-insaturadas não hidrogenadas. A segunda forma de melhoria é aumentar o consumo de fontes alimentares ricas em ômega-3, de fontes marinhas e plantas. O terceiro método é aumentar o consumo de frutas de baixo índice glicêmico e legumes, nozes e cereais integrais e reduzir produtos de grãos refinados. Estes três componentes são as formas essenciais de melhorar a dieta mediterrânea moderna (SANTOS, 2015).

Vários estudos comprovam que a substituição de gordura saturada por poli-insaturados pode diminuir o colesterol total (CT) e o LDL colesterol. As gorduras poli-insaturadas e gorduras monoinsaturadas podem aumentar os níveis de colesterol (HDL) modestamente. Quando carboidratos são substituídos por gordura saturada, a redução nos níveis de LDL e HDL permanece constante e a razão CT : HDL não se altera. Quando a gordura saturada é substituída por gorduras monoinsaturadas e poli-insaturadas, tem-se a diminuição do LDL, e o HDL permanece a mesma ou aumenta e melhora a relação (CT: HDL ou LDL: HDL). Com isso, a mudança para gorduras monoinsaturadas pode auxiliar no controle a sensibilidade à insulina e, assim sendo, melhora o controle e a prevenção de diabetes tipo 2 (SANTOS, 2015).

As gorduras trans são encontradas na margarina, gordura vegetal, produtos assados preparados comercialmente e alimentos fritos. As mesmas aumentam o LDL e diminuem o HDL, piorando a relação dos triglicerídeos (CT : HDL ou LDL: HDL). Além disso, aumentam triglicérides (TG) e as lipoproteínas A (LpA) promovendo disfunção endotelial. Os ácidos graxos, ômega-3 têm comprovado a diminuição da doença cardíaca coronária fatal em vários estudos populacionais. O principal benefício que se tem observado é a redução da morte súbita cardíaca. Outros estudos mostram aumento do limiar de desenvolvimento de arritmia ventricular letal (SANTOS, 2015).

No Japão, um experimento, adicionou 1,9 g de EPA por dia na dieta de uma população que consome oito vezes mais ômega-3 que a população americana e reduziram significativamente a mortalidade global por doença cardíaca coronária. O experimento demonstra que a atual recomendação utilizada no Brasil, atualmente de 2 a 5 porções de peixe por semana pode não nos beneficiar suficientemente e a partir daí a suplementação torna-se necessária (SANTOS, 2015).

4.8.3. Ácidos graxos e doenças neurológicas

AGAI-CL são parte dos fosfolipídios que formam a membrana celular. Os fosfolipídios cerebrais contêm altas concentrações desses ácidos graxos. O ácido docosahexaenóico (DHA, 22: 6n-3) e o ácido araquidônico (20: 4n-6) são os AGAI-CL mais abundantes no cérebro, representando aproximadamente 15% e 10%,

respectivamente, do total de ácidos graxos nesse tecido. Além disso, a composição de ácidos graxos dos fosfolípidios cerebrais difere entre as regiões do cérebro. As maiores concentrações de DHA são encontradas no córtex frontal e em outras regiões corticais, enquanto as menores concentrações são encontradas em regiões como o mesencéfalo. (LEVANT, 2013).

Em estudos com animais, baixos níveis de AGAI-CL no tecido e / ou na dieta resultam em várias alterações no sistema serotoninérgico que são similares às alterações neurobiológicas relatadas na depressão. A diminuição das concentrações de serotonina no córtex frontal foi detectada em ratos fêmeas adultas com uma redução induzida pela dieta no conteúdo de DHA cerebral de cerca de 25%, semelhante ao observado na depressão. Ratos machos com uma diminuição de 61% no DHA cerebral, induzidos pela alimentação de uma dieta deficiente em AGAI-CL desde o nascimento, exibiram menor expressão da enzima sintetizadora de serotonina triptofano hidroxilase no mesencéfalo e maior presença de serotonina no córtex pré-frontal, comparado à controles. Além disso, alimentá-los com uma dieta contendo ácido α -linoleico reverteu este efeito. (LEVANT, 2013)

A produção de eicosanoides está diretamente ligada aos ácidos poli-insaturados. A neuroinflamação é uma das principais características da doença de Alzheimer e os mediadores biológicos eicosanoides e citocinas são identificados como parte da resposta inflamatória e imunológica nos cérebros de portadores da doença. O metabolismo do ácido araquidônico, da série dos ômega-6, resulta na produção de eicosanoides com propriedades inflamatórias que acabam induzindo a presença de citocinas inflamatórias, a agregação plaquetária e a vasoconstrição. Entretanto, os ácidos da série ômega-3 desviam essa produção para o outro lado, ou seja, o metabolismo desses ácidos sintetiza derivados com efeitos anti-inflamatórios ou com menor atividade inflamatória. (CANHADA, 2015)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise contextualizada de vários pontos que abrangem ácidos graxos ômega-3 e similares. É possível concluir que a suplementação corporal desses ácidos, durante as diversas etapas da vida, se torna importante na busca de uma melhor qualidade da mesma. Isso devido aos benefícios que o ômega-3 traz tanto para o combate como para a prevenção de doenças.

As análises apresentadas mostram técnicas eficientes na quantificação e identificação dos ácidos graxos estudados no levantamento bibliográfico, tendo em vista que os resultados obtidos se mostram satisfatórios de forma geral. Contudo, no processo científico é sempre importante a busca contínua de novos resultados que possam ajudar a esclarecer os efeitos do omêga-3 no corpo, uma vez que grande parte da população mundial consome este ácido graxo.

6 REFERÊNCIAS

CARMO M. C. N. S.; CORREIA M. I. T. D.. **A importância dos ácidos graxos ômega-3 no câncer**. Revista Brasileira de Cancerologia. v 55, p. 279-87, 2009.

COOPER, H.M. **Integrating Research: a guide for literature reviews**. 2. ed. London SAGE publication, [s.l], v.2, p.155, 1989.

DYERBERG, J. B. H.O., Hjerne N. **Composição dos ácidos graxos dos lipídios plasmáticos nos esquimós da Groenlândia**. Am J Clin Nutr. 1975; 28 (9): 958-66.

DYERBERG, J. B. H. O.. **Metabolismo lipídico, aterogênese e hemostasia em esquimós: o papel da família prostaglandina-3**. Hemostasia. 1979; 8 (3-5): 227-33.

EWIN, J. **O Lado Sadio das Gorduras**. Trad. de Ana Beatriz Rodrigues. Editora Campus Ltda, Rio de Janeiro, 1997.162p.

FOGLIATTO, F.; SILVEIRA, G. **Organização de Textos Científicos**, 2007. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/146_seminario_de_pesquisa_2_diretrizes_referencial_teorico.doc>. Acesso em: 20 maio 2018.

GRIMALDI, R. **Ingestão de ácidos graxos Omega-3 x Omega-6**. 2017. Disponível em : <<https://www.editorastilo.com.br/colunistas/ingestao-de-acidos-graxos-omega-3-x-omega-6/>>. Acesso em: 22 agosto 2018.

GORJÃO, R., AZEVEDO-MARTINS, A. K., RODRIGUES, H. G., ABDULKADER, F., ARCISIO-MIRANDA, M., PROCOPIO, J., CURI, R.. (2009). **Comparative effects of DHA and EPA on cell function**. Pharmacol. Therapeutics. 122, 56-64.

LAZZARI, R. et al. **Stoking density in growth, composition and body lipid profile of jundiá**. Ciência Rural. v. 41, n. 4, p. 712-718. Santa Maria, abril, 2011.

LOPES, WILSON A. **Determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos associados ao material particulado 181 atmosférico**. 2007. 184p. Tese. (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia. Salvador. Bahia, 2007.

MAIA, E. L. **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídios e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce.** Campinas. 1992. (Tese de doutorado – Universidade Estadual de Campinas).

MARTINO, R.; TAKAHASHI, N. S. **A importância da adição de lipídios em rações para a aquicultura.** Óleos e grãos, n. 58, p. 32-7, 2001.

MORAES, F. P., COLLA, L. M.. **Alimentos funcionais e nutraceuticos: definições, legislação e benefícios à saúde.** Revista Eletrônica de Farmácia. V.3, p. 109-122, 2006.

PERISSÉ, A.R.S. **Revisões sistemáticas e diretrizes clínicas.** Rio de Janeiro: Reichmann e Afonso, 2001.

PIMENTEL, B. M. V.; FRANCKI, M.; GOLLUCKE, B. P. **Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos.** São Paulo: Editora Varela, 2005.

PASSWATER, R. A.. **Omega-3 Fish Oils: The Greatest Nutritional Health Discovery Since Vitamins: The Discovery: An Interview with Professor Jørn Dyerberg, M.D.. 2010.** Disponível em: <http://www.drpasswater.com/nutrition_library/dyerberg.html>. Acesso em: 05 ago. 2018.

RÊGO, F. L. T.. **Estudo do perfil de ácidos graxos e a razão entre ômega 6/ômega 3 em pescado.** 2012. Tese de Doutorado – Universidade Federal da Bahia - 2012

RIBEIRO, P. A. P.. **Perfil de ácidos graxos poliinsaturados em filés de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) mantidas em diferentes condições de cultivo.** 2003. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras – 2003

RODRÍGUEZ, M. B. S.; MEGÍAS, S. M.; BAENA, B. M. **Alimentos Funcionales y Nutrición óptima.** Revista da Espanha de Salud Pública. v. 77, n. 3, p. 317-331, 2003.

SAMPAIO, R.F., MANCINI, M.C. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica, 2007.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v11n1/12.pdf>> . Acesso em: 20 maio 2018.

SANTOS, F. C. . **Ômega-3 versus Doenças Cardiovasculares.** 2015. Disponível em: <<http://www.aonutricionista.com.br/single-post/2015/11/16/Ômega-3-versus-Doenças-Cardiovasculares>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

SARGENT, J.; MCEVOY, L.; ESTEVEZ, A.; BELL, G.; BELL, M.; HENDERSON, J.; TOCHER, D. **Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions**. Aquaculture, v. 179, p. 217-29, 1999.

SCHMIDT, M. A. **Gorduras inteligentes**. Trad. de Dirceu Henrique Pereira. São Paulo - SP. Editora Roca LTDA, 2000. 231p.

SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856p

SOUZA, N. E., MATSUSHITA, M., FRANCO, M.R.B., PRADO, I.N., VISENTAINER, J.I.. **Composição química, perfil de ácidos graxos e quantificação dos ácidos A-linolênico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico em vísceras de tilápias (*Oreochromis niloticus*)**. Acta Scientiarum Technology , v. 27, n. 1, p. 73-76, 2005.

SOUZA, P. H. M.; NETO, M. H. S.; MAIA, G. A. **Componentes funcionais nos alimentos**. Boletim da SBCTA.v. 37, n. 2, p. 127-135, 2003.

TONIAL, Ivane B. et al. **Physical chemical characterization and lipid profile of salmon (*Salmo salar* L.)**. Alim. Nutr. v. 21, n. 1, p. 93-98. Araraquara, jan/mar. 2010

VISENTAINER, Jesuí Vergílio; CARVALHO, Patrícia de Oliveira; Ikegaki, Masaharu and PARK, Yong Kum. **Concentração de ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA) em peixes marinhos da costa brasileira**. Ciência e Tecnologia em Alimentos. 2000, vol.20, n.1, pp.90-93.

VISENTAINER, J. V.. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos graxos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça**. 2003. 184p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP.

YONGGANG, M. A, LYNDSEY, M. L., HALADE G. V.. **DHA derivatives of fish oil as dietary supplements: a nutrition-based drug discovery approach for therapies to prevent metabolic cardiotoxicity**. Expert Opin Drug Discovery. v.7, p.711-721, 2012.

ZENEBE, T.; AHLGREN, G.; GUSTAFSSON, I. B. **Fatty acid and lipid content of *Oreochromis niloticus* L. in Ethiopian lakes - dietary effects of phytoplankton**. Ecology of Freshwater Fish. J. Fish Biol., v. 7, p. 146-58, 1998.

