



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

FERNANDO LUIZ TRINDADE RÊGO

**ESTUDO DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E A RAZÃO
ENTRE ÔMEGA 6/ÔMEGA 3 EM PESCADO**

Salvador/Bahia
2012

FERNANDO LUIZ TRINDADE RÊGO

**ESTUDO DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E A RAZÃO
ENTRE ÔMEGA 6/ÔMEGA 3 EM PESCADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Jailson Bittencourt de Andrade

Salvador/Bahia
2012

Sistema de Bibliotecas/IQ - UFBA

Rêgo, Fernando Luiz Trindade.

Estudo do perfil de ácidos graxos e a razão entre ômega 6 / ômega3 em pescado /
Fernando Luiz Trindade Rêgo. - 2012.
196 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Jailson Bittencourt de Andrade.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, 2012.

1. Ácidos graxos - Pescado. 2. Ácidos graxos Ômega -3. 3. Ácidos graxos Ômega-6.
4. Pescado - Composição I. Andrade, Jailson Bittencourt de. II. Universidade Federal da Bahia.
Instituto de Química. III. Título.

CDD – 613.284

CDU –547.47:596

TERMO DE APROVAÇÃO

Prof. Dr. Jailson Bittencourt de
Andrade

Dedico

*"Talvez não tenhamos conseguido fazer o
melhor, mas lutamos para que o melhor
fosse
feito. Não somos o que deveríamos ser,
não
somos o que iremos ser mas, graças a
Deus,
não somos o que éramos"*

Martin Luther King

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jailson Bittencourt de Andrade meu orientador, pela amizade, ensinamentos, prontidão, sensibilidade, compreensão, atenção e por tudo que este título representa à minha carreira acadêmica e ao meu futuro. Meu eterno reconhecimento e gratidão.

Á Eliane Teixeira Sousa, a mais nova Doutora do LPQ pelo empenho e dedicação no desenvolvimento da parte prática deste trabalho, o meu mais especial obrigado.

Ao Prof. Dr. Pedro Afonso de Paula Pereira por me apresentar ao Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Química – LPQ, tempos atrás.

Ao Prof. Dr. Luiz Souza Carvalho que com carinho e muito bom humor providenciou as amostras de peixes nos diversos recantos desta nossa cidade do Salvador e á equipe de estagiárias do LPQ pela colaboração no tratamento das amostras de peixe.

Ao Prof. Dr. Wilson Araújo Lopes e a Profa. Dra. Márcia Cristina da Cunha Veloso pelos exemplos de perfeição na elaboração de suas teses as quais tentei alcançar.

Ao Prof. Gilênio Borges Fernandes e ao Dr. João Victor da Silva Santos pela colaboração na análise estatística.

Aos meus pais por minha existência e a Vitória Rêgo, Cesar Rêgo e Fernanda Rêgo por suas existências em minha vida.

Á Cláudia Nelli, Nicolas Nelli e Gustavo Nelli pela presença atual na minha labuta.

Á Reitora Profa. Dora Leal Rosa pelo estímulo e a compreensão quanto as minhas ausências no dia a dia e a toda equipe do Gabinete da Reitoria.

Á Profa. Clícia Capibaribe Leite a mais especial colega e companheira acadêmica na esperança que este trabalho reverta o estímulo que sempre me ofertou quando do início da minha vivência com a pós-graduação.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	i
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE GRÁFICOS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xix
1.0 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – OBJETIVOS	4
2.0 - LIPIDEOS	5
2.1 – Definição e funções dos lipídeos	7
2.2 – Índices de qualidade das dietas	8
2.3 - Ácidos graxos	10
2.3.1 – Ácidos graxos quanto à configuração	12
2.3.2 – Ácidos graxos quanto a cadeia carbônica	13
2.3.3 – Ácidos graxos insaturados	14
2.3.4 – Ácidos graxos poliinsaturados	15
2.3.5 – Ácidos graxos quanto à nomenclatura	15
2.3.6 – Ácidos graxos quanto às famílias/séries	18
2.3.7 - Ácidos graxos essenciais	21
2.3.8 – Síntese dos ácidos graxos	25
2.3.9 – Metabolismo dos ácidos graxos	30

2.3.10 - Ácidos graxos em alimentos	31
2.3.11 – Ácidos graxos em alimentos de origem animal	31
2.3.12 – Ácidos graxos em alimentos de origem vegetal	45
2.3.13 – Ácidos graxos em pescado cultivados	55
2.3.14 – Ácidos graxos em alimentos derivados	57
2.3.15 – Ácidos graxos em fluídos humano	60
2.3.15.1 - Ácidos graxos em plasma humano	60
2.3.15.2 – Ácidos graxos em sêmen humano	61
3.0 – Pescado	62
3.1 – Pescado quanto seu valor de mercado	65
3.2 – Hábitos alimentares e concentrações de ácidos graxos	66
3.3 – Composição dos ácidos graxos nos peixes quanto ao <i>habitat</i>	67
3.4 – Dados de pesquisas sobre ácidos graxos em espécies de peixes relacionados a este estudo	68
3.5 – Pescados quanto à composição em lipídeos e de ácidos graxos	71
4.0- Relação entre os ácidos graxos das séries ômega 6 /ômega 3 em dietas	90
4.1 – Evolução da dieta humana	90
4.2 – Resultados de pesquisa sobre as recomendações do consumo de ácidos graxos	96
5.0 – Parte Experimental	99
5.1 – Reagentes e solventes	99
5.2 – Equipamentos	99

5.3 – Obtenção e preparo das amostras	100
5.4 – Extração dos lipídeos nas amostras de peixes	107
5.5 – Padronização do método	111
5.5.1 - Curva de calibração	111
5.6 – Análises dos ácidos graxos	116
5.7 – Análise cromatográfica	116
5.7.1 - Coluna cromatográfica	117
5.7.2 - Gases especiais	117
5.7.3 - Outros materiais	118
5.8 – Dados das análises das amostras de peixes	120
5.8.1 - Análise qualitativa e quantitativa	122
5.9 – Resultados e discussão	123
5.9.1 – Espectro de massa dos padrões de ácidos graxos utilizados	123
5.9.2 - Cromatogramas	128
5.9.3 - Limites de detecção e quantificação	130
5.9.4– Avaliação dos métodos de análise	131
5.10 – Tabulação dos resultados por espécie de peixe estudado	136
5.10.1 – Ariacó	136
5.10.2 – Arraia	137
5.10.3 – Baiacu	138
5.10.4 – Guaricema 1	139
5.10.5 – Guaricema 2	140

5.10.6 – Guaricema – músculo dorsal	142
5.10.7 – Rabo aberto	143
5.10.8 – Robalo	145
5.10.9 – Salmão	146
5.10.10 – Sardinha	148
9.10.11 – Xaréu	150
5.10.12 – Xixarro	151
5.11 – Relação entre os somatórios das concentrações dos ácidos graxos das séries ômega 6 e ômega 6	159
6.0 – Análises Estatísticas	164
6.1 – Relatório Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA) das amostras de peixes	164
7.0 – Conclusões	169
8.0 – Referência	172
Anexo	192

Lista de Figuras

Figura 01	Membrana celular	03
Figura 02	Molécula de lipídeos (glicolipídeos)	05
Figura 03	Membrana celular com as duas camadas de lipídeos	07
Figura 04	Configuração molecular	12
Figura 05	Exemplo de notação para o ácido graxo linoléico (C18:2 ω -6)	16
Figura 06	Exemplos de moléculas de ácidos graxos	19
Figura 07	Ácido araquidônico	25
Figura 08	Ácido docosahexaenóico -DHA	26
Figura 09	Metabolismo dos ácidos graxos	27
Figura 10	Síntese dos ácidos graxos	29
Figura 11	Metabolismo hepático dos ácidos graxos desviado para a produção de cetonas	30
Figura 12	Camarão rosa	31
Figura 13	Carne bovina	33
Figura 14	Romã	49
Figura 15	Caju	52
Figura 16	Ostra	56
Figura 17	Evolução da dieta humana	91
Figura 18	Dieta do Mediterrâneo	98
Figura 19	Fluxograma do preparo das amostras de peixes	102
Figura 20	Ariacó	103

Figura 21	Arraia	103
Figura 22	Baiacu	103
Figura 23	Guaricema	104
Figura 24	Rabo aberto	104
Figura 25	Robalo	105
Figura 26	Salmão	105
Figura 27	Sardinha	106
Figura 28	Xaréu	106
Figura 29	Xixarro	107
Figura 30	Fluxograma do método de extração de lipídeos	110
Figura 31	Curvas de calibração dos ácidos graxos estudados	112
Figura 32	Espectros dos padrões de ácidos graxos estudados	125
Figura 33	Cromatograma dos ácidos graxos-solução padrão (CG-EM/SCAN)	128
Figura 34	Cromatograma dos ácidos graxos no peixe sardinha (CG-EM/SCAN).	129
Figura 35	Cromatograma dos ácidos graxos no peixe ariacó (CG-EM/SCAN).	193
Figura 36	Cromatograma dos ácidos graxos no músculo do peixe baiacu (CG-EM/SCAN).	193
Figura 37	Cromatograma dos ácidos graxos no peixe guaricema 1 (CG-EM/SCAN).	194
Figura 38	Cromatograma dos ácidos graxos no guacirema 2 (CG-EM/SCAN).	194
Figura 39	Cromatograma dos ácidos graxos no peixe robalo (CG-EM/SCAN).	195
Figura 40	Cromatograma dos ácidos graxos no peixe salmão (CG-EM/SCAN).	195
Figura 41	Cromatograma dos ácidos graxos no peixe xaréu (CG-EM/SCAN).	196
Figura 42	Cromatograma dos ácidos graxos no peixe xixarro (CG-EM/SCAN).	196

LISTA DAS TABELAS

Tabela	01	Classificação geral dos lipídeos	6
Tabela	02	Classe de lipídeos do tecido de peixes	9
Tabela	03	Composição percentual de lipídeos totais do músculo de diferentes espécies de peixes da família Lutjanidae	10
Tabela	04	Nome dos principais ácidos graxos	17
Tabela	05	Composição de ácidos graxos (% por área) em camarão rosa (<i>Penaeus brasiliensis</i>)	32
Tabela	06	Percentagem de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em carnes	33
Tabela	07	Composição em lipídeos totais e ácidos graxos ^a em bovinos	34
Tabela	08	Composição de ácidos graxos em corte de carne suína	35
Tabela	09	Composição em ácidos graxos ^a dos leites de búfala e de vaca	36
Tabela	10	Perfil dos ácidos graxos saturados e insaturados do leite de cabras Saanen em fases de lactação	37
Tabela	11	Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados do leite humano em várias regiões	39
Tabela	12	Relação entre ácidos graxos presentes na carne de bovinos e búfalos, de acordo com o grupo genético e a condição sexual	40
Tabela	13	Média das áreas de pico (%) dos ácidos graxos encontrados na carne de capivara (<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>)	41
Tabela	14	Percentagem de ácidos graxos ^a saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em carne bovina, suína e de frango	42
Tabela	15	Composição dos ácidos graxos (%) na fração lipídica da carne ovina dos genótipos Morada Nova, Santa Inez e ½ Dorper +½ Santa Inez submetidos a dietas especiais	43
Tabela	16	Perfil de ácidos graxos ^a da carne da coxa e sobre coxa de frangos na fase de 21 a 42 dias	44

Tabela	17	Percentual na composição total de ácidos graxos saturados (SAT), monoinsaturados (MUFA), poliinsaturados (PUFA), ácidos graxos ômega 6 e ômega 3, e relação entre $\omega 6/\omega 3$ em gemas de ovos de acordo com a dieta e a idade das poedeiras	45
Tabela	18	Concentração dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em algumas hortaliças (mg/g)	46
Tabela	19	Concentração dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em alguns cereais e leguminosas (mg/g)	46
Tabela	20	Concentração dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em algumas frutas (mg/g)	47
Tabela	21	Concentração dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em alguns óleos vegetais (mg/g)	47
Tabela	22	Composição dos ácidos graxos do óleo de semente de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>)	48
Tabela	23	Composição em ácidos graxos de cultivares de soja	49
Tabela	24	Composição em ácidos graxos (%) de óleo e cera de café	50
Tabela	25	Teores médios de gordura, teores totais de ácidos graxos saturados e insaturados e a relação entre ácidos graxos saturados e insaturados em bagas de cacau	51
Tabela	26	Conteúdo total (%) de ácido graxos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA), poliinsaturados (PUFA) e a relação $\omega-6/\omega 3$ de polpas e castanhas de frutas brasileiras	52
Tabela	27	Composição em ácidos graxos do óleo da amêndoa de castanha de caju	53
Tabela	28	Quantificação do LNA (mg/100g de amostra desidratada) nas folhas de linho e somatórios e razões dos principais ácidos graxos identificados em diferentes estágios de desenvolvimento	54
Tabela	29	Quantificação do LNA (mg/100g de amostra desidratada) no caule de linho e somatórios e razões dos principais ácidos graxos identificados em diferentes estágios de desenvolvimento	54
Tabela	30	Composição e perfil lipídico corporal de jundiás submetidos a diferentes densidades de estocagem	55
Tabela	31	Composição em ácidos graxos (em percentagem e $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) das ostras (<i>Crassostrea gigas</i>) <i>in natura</i> coletadas no verão e primavera de 2005, em Florianópolis-SC	56

Tabela	32	Concentrações (% p/p) de lipídeos, ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), ácidos graxos insaturados (AGI), por cromatografia gasosa, e ($\omega 3 + \omega 6$) com relação ao total dos ácidos graxos analisados (AGT) para os ensaios realizados com microalgas cultivadas em diferentes ambientes (CO ₂ % v/v)	57
Tabela	33	Porcentagem de ácidos graxos de cadeia saturada e insaturada e relação ácidos graxos saturados/insaturados de manteiga de garrafa produzidas na região de Salinas – MG	58
Tabela	34	Composição de ácidos graxos das margarinas à base de gordura vegetal hidrogenada ou interesterificada no Distrito Federal-DF (% em 100 g de produto)	59
Tabela	35	Concentração de ácidos graxos (mg/g de lipídeos totais) em plasma humano	60
Tabela	36	Composição de ácidos graxos (média + desvio padrão) da fração fosfolipídica de sêmen humano, em porcentagem	62
Tabela	37	Grupos básicos de peixes em função do preço de mercado	65
Tabela	38	Composição dos principais ácidos graxos - AG (% por área) dos lipídeos de peixes da família Lutjanidae.	69
Tabela	39	Composição de ácidos graxos saturados do músculo das espécies de pescado mais produzido no Estado da Bahia (%)	70
Tabela	40	Ácidos graxos poliinsaturados e lipídeos em sardinha brasileira (<i>Sardinella brasiliensis</i>)	71
Tabela	41	Composição da carne de peixe <i>versus</i> outras carnes ou alimentos (cada 100 gramas)	72
Tabela	42	Comparação entre os perfis de ácidos graxos ^a do fígado e dos músculos do <i>Salmo trutta macrostigma</i> de ambos os sexos	73
Tabela	43	Composição em ácido graxos (% de área relativa) em filés de salmão (<i>Salmo salar L.</i>) <i>in natura</i> e grelhada	74
Tabela	44	Composição de ácidos graxos das cabeças Matrinxã, Piraputanga e Piracanjuba	76
Tabela	45	Ácidos graxos (mg.100.g ⁻¹) em cabeças <i>in natura</i> e na farinha das cabeças de tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	77
Tabela	46	Composição dos lipídeos (g/100g) e dos ácidos graxos (%) em peixes da região Amazônica	78

Tabela	47	Perfil dos ácidos graxos (82%) do camarão-de-água-doce – <i>Macrobrachium amazonicum</i>	79
Tabela	48	Ômega 3 em óleo de peixes marinhos	80
Tabela	49	Conteúdo médio de ácido graxo poliinsaturado ômega-3 em pescados	81
Tabela	50	Perfil dos principais ácidos graxos poliinsaturados encontrados nos filés de tilápia e efeito dos tratamentos nestes percentuais	82
Tabela	51	Relações entre EPA/DHA (olho/filé) e EPA (olho/filé)	83
Tabela	52	Valores de lipídeos, EPA, DHA em algumas espécies de peixes	84
Tabela	53	Composição de ácidos graxos do tecido muscular do filé de peixes da região pantaneira no Mato Grosso do Sul-Brasil	85
Tabela	54	Valores obtidos (%) para as diferentes séries de ácidos graxos totais de carpas, de acordo com a dieta alimentar	86
Tabela	55	Ácidos graxos (% de área) do peixe mandim (<i>Arius spixii</i>) in natura e beneficiado	87
Tabela	56	Lipídeos totais e ácidos graxos (%) encontrados no óleo de manta de polvo (<i>Octopus vulgaris</i>) no período de abril a outubro	88
Tabela	57	Perfil de ácidos graxos (%) de sururu, muçunim e unha de velho sob as formas cruas e cozidas em leite de coco	89
Tabela	58	Composição dos ácidos graxos das espécies de peixes cavernícolas estudadas	91
Tabela	59	Consumo estimado de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6 no período Paleolítico - g/dia	93
Tabela	60	Recomendações do consumo de ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 para adultos e recomendações adequadas numa fórmula/dieta infantil	95
Tabela	61	Relação dos ácidos ômega 6 /ômega 3 e alguns populações	96
Tabela	62	Recomendação de ácido graxo ômega 3 para homens e mulheres por faixa etária	97

Tabela	63	Valores recomendados para a razão entre os ácidos graxos das séries ômega 6 e ômega 3 em dietas	98
Tabela	64	Dados sobre as amostras de peixes	102
Tabela	65	Relação dos padrões de ácidos graxos utilizados	112
Tabela	66	Principais parâmetros cromatográficos	120
Tabela	67	Íons de quantificação e qualificação dos ácidos graxos	123
Tabela	68	Curvas analíticas e R^2 dos padrões de ácidos graxos	124
Tabela	69	Limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) em $\mu\text{g.L}^{-1}$ dos ácidos graxos (solução padrão)	132
Tabela	70	Cálculo da média e desvio-padrão em cinco amostras de sardinha	134
Tabela	71	Perfil de ácidos graxos (média dos resultados) nas amostras dos peixes analisados ($\mu\text{g/g}$) e a relação ω -6/ ω -3	136

LISTA DOS GRÁFICOS

Gráfico	01	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe ariacó, médias em $\mu\text{g/g}$	137
Gráfico	02	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe arraia (médias) em $\mu\text{g/g}$	138
Gráfico	03	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe baiacu (médias) em $\mu\text{g/g}$	140
Gráfico	04	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe guaricema 1(médias) em $\mu\text{g/g}$	141
Gráfico	05	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe guaricema 2(médias) em $\mu\text{g/g}$	142
Gráfico	06	Perfil dos ácidos graxos das amostras o músculo dorsal do guaricema (médias) em $\mu\text{g/g}$	144
Gráfico	07	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe rabo aberto (médias) em $\mu\text{g/g}$	145
Gráfico	08	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe robalo (médias) em $\mu\text{g/g}$	147
Gráfico	09	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe salmão (médias) em $\mu\text{g/g}$	149
Gráfico	10	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe sardinha (médias) em $\mu\text{g/g}$	150
Gráfico	11	Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe xaréu (médias) em $\mu\text{g/g}$	152
Gráfico	12	Perfil dos ácidos graxos na amostra do xixarro (médias) em $\mu\text{g/g}$	153
Gráfico	13	Concentração dos ácidos graxos da série ômega 3 na amostras analisadas	157

Gráfico	14	Concentração dos ácidos graxos da série ômega 6 na amostras analisadas	159
Gráfico	15	Somatórios das concentrações dos ácidos das séries ômega 6 e ômega 3	160
Gráfico	16	Relação entre os somatórios das concentrações dos ácidos graxos das séries ômega 6 e ômega 6	163
Gráfico	17	Porcentagem da Proporção	167
Gráfico	18	Pesos das componentes	168
Gráfico	19	Componente principal e secundária	168
Gráfico	20	Dendrograma	169

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviatura dos ácidos graxos usados neste estudo

Ácido Caprílico	CLA
Ácido Cáprico	CPA
Ácido Láurico	LAA
Ácido Tridecanóico	TDA
Ácido Miristoléico	MIA
Ácido Mirístico	MRA
Ácido Pentadecanóico	PDA
Ácido α -linolênico ω -3	ALA
Ácido Linoléico ω -6	LA
Ácido Oléico	OLA
Ácido Elaídico	ELA
Ácido Esteárico	ESA
Ácido Eicosapentaenóico ω -3	EPA
Ácido Araquidônico ω -6	AA
Ácido Eicosaenóico	EIA
Ácido Araquídico	ARA
Ácido Heneicosaenóico	HEA
Ácido Behênico	BHA
Ácido Erúcico ω -9	ERA

Abreviaturas das espécies de peixes analisados neste estudo

Ariacó	ACO
Arraia	ARR
Baiacu	BAI
Guaricema	GUA
Guaricema – músculo dorsal	M-GUA
Rabo aberto	RAB
Robalo	ROB
Salmão	SAL
Sardinha	SAR
Xaréu	XAR
Xixarro	XIX

Outras abreviaturas

Ácidos graxos	AG
Ácidos graxos poliinsaturados	AGPI
Cromatografia gasosa	CG
Cromatografia gasosa de alta resolução acoplada à espectrometria de massas	CGAR-EM
Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas	CG-EM
Cromatografia líquida de alta eficiência	CLAE
Cromatografia líquida de alta eficiência com detector de absorção na região do ultravioleta	CLAE-UV
Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura	FAO
<i>headspace</i> dinâmico	HS-D
<i>headspace</i> estático	HS-E
Índice de retenção linear	IRL
Limite de detecção	LD
Limite de quantificação	LQ
Microextração em fase sólida-extração	MEFS
Sistema nervoso central	SNC

Estudo do perfil de ácidos graxos e a relação ômega 6/ômega 3 em pescado

Orientador: Prof. Dr. Jailson Bittencourt de Andrade

Doutorando: Fernando Luiz Trindade Rêgo

Resumo

A visão sobre os ácidos graxos em pescados, nossa principal preocupação, teve como referencial os dados de alimentos de origem animal, vegetal e alimentos derivados dessas origens. Neste trabalho foram determinados os perfis de ácidos graxos em dez espécies de peixes a saber: ariacó, arraia, baiacu, guaricema (peixe inteiro e músculo escuro), rabo aberto, robalo, salmão, sardinha, xaréu, xizarro considerados relevantes para o consumo humano e comercialmente importantes para a população do estado da Bahia. As amostras foram adquiridas na cidade do Salvador/Ba e processadas no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Química – LPQ do Instituto de Química da UFBA. Os extratos lipídicos das amostras foram obtidos pelo método de Bligh&Dyer, concentrados e armazenadas em frações de 10g sob refrigeração até o momento da análise cromatográfica. Cada amostra teve seu perfil analisado por cromatografia a gás com detector de massa, a partir de padrões dos ácidos graxos caprílico, capríco, láurico, tridecanóico, miristoléico, mirístico, pentadecanóico, α -linolênico (ω -3), linoléico (ω -6), oléico, eláidico, esteárico, icosapentaenoico (ω -3), araquidônico (ω -6), eicosaenoico, araquídico, heneicosaenoico, behênico, erúico (ω -9), estabelecendo os somatórios dos ácidos graxos das séries ômega 3 e ômega 6 bem como as suas relações para cada espécie de peixe. As curvas analíticas nas faixas de concentração de 0,988 – 313,6 ppm, para cada um dos ácidos graxos, foram construídas mediante a injeção de 1,0 μ L de padrão externo, em 6 a 10 níveis, em faixas distintas de concentração com o objetivo de estudar a linearidade das respostas, determinar os limites de detecção e quantificação e, também, quantificar os analitos presentes nas amostras de peixes. As curvas analíticas apresentaram boa linearidade. O Coeficiente de Determinação (R^2), de cada equação da reta, esteve acima de 0,990, possibilitando a quantificação dos compostos pelo método do padrão externo. As condições cromatográficas foram estabelecidas a partir de procedimentos descritos na literatura, da experiência anterior do grupo de pesquisa do LPQ em análise de ácidos graxos por CG-EM45, considerando as especificações da coluna cromatográfica. A detecção foi feita em um detector de massas, utilizando a técnica de ionização por impacto de elétrons, com energia de 70eV, nas seguintes condições: corte do solvente em 4,0 minutos (tempo de não ionização); temperatura da linha de transferência: 280 °C; temperatura da fonte de íons a 250 °C; modo de aquisição scan. Foi realizada a análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA) com o objetivo de verificar se as amostras de peixes analisadas formam grupos de similaridades distintos e o que leva a formação dos diferentes grupos. As maiores concentrações de ácidos graxos foram obtidas para os ácidos oléico, esteárico, mirístico e araquidônico sendo que os ácidos behênico, caprílico, capríco e linoléico (ω -6) foram os menores concentrações. A relação ω 6/ ω 3 apresentou resultados considerados recomendáveis na dieta humana para todos os peixes analisados. O destaque é para a amostra do músculo escuro da guaricema que expressou valores extremamente elevados em todo seu perfil de ácidos graxos, contudo o resultado da relação ω 6/ ω 3 foi dentro da faixa dos recomendáveis pela literatura. Destes resultados concluímos, considerando que quanto menor a relação ω 6/ ω 3

maiores os benefícios á saúde humana, que os peixes ariacó, arraia, baiacu, guaricema, rabo aberto, robalo, sardinha, xaréu e xizarro, da Baía de Todos os Santos e o salmão são os mais aconselhados para consumo em uma dieta saudável. Há ainda que considerar a possibilidade de beneficiamento do músculo dorsal escuro da guaricema como rica fonte em ácidos graxos.

Palavras chaves: ácidos graxos, ômega 3, ômega 6, relação $\omega 6/\omega 3$

Study of fatty acid profile and the relationship omega-6/omega-3 in fish

Advisor: Prof. Dr. Jailson Bittencourt de Andrade

PhD: Fernando Luiz Trindade Rêgo

Abstract

The vision of the fatty acids in fish, our main concern was to benchmark data of animal foods, vegetables and foods derived from those sources. In this study we determined the fatty acid profiles in ten fish species namely: ariacó, arraia, puffer fish, guaricema (whole fish and muscle dark), rabo aberto, sea bass, salmon, sardines, xaréu, xixarro considered relevant for human consumption and commercially important to the people of the state of Bahia. The samples were acquired in Salvador/Ba and processed in the Laboratory of Research and Development in Chemistry - LPQ of the Institute of Chemistry, at the Universidade Federal da Bahia (UFBA). The lipid extracts of samples were obtained by the method of Bligh & Dyer, concentrated and stored in fractions of 10g under refrigeration until the time of chromatographic analysis. Each sample had its profile analyzed by gas chromatography, from patterns of caprylic fatty acids, capric, lauric, tridecanoic, myristoleic, myristic, pentadecanoic, α -linolenic acid (ω -3), linoleic acid (ω -6), oleic, elaidic, stearic icosapentaenoic (ω -3), arachidonic acid (ω -6), eicosanoic, arachidic, heneicosanoic, behenic, erucic (ω -9), establishing the sums of the fatty acids series omega 3 and omega 6 as well as their relationships for each fish species. Calibration curves in the concentration ranges from 0.988 to 313.6 mg/ μ L for each of the fatty acids were constructed by injecting 1.0 μ L external standard, 6 to 10 levels in different concentration ranges with in order to study the linearity of responses, determine the limits of detection and quantification, and also quantify the analytical present at fish samples. The analytical curves showed good linearity. The coefficient of determination (R^2), of each equation of line was above 0,990, enabling the quantification of compounds by external standard method. The chromatographic conditions were established from procedures described in the literature, in the previous experience of the research group of LPQ in fatty acid analysis by GC-EM45, considering the specifications of the chromatographic column. The detection was made in a mass detector using the technique impact ionization of electrons with energy of 70 eV under the following conditions: cutting the solvent at 4.0 minutes (time of no ionization); transfer line temperature: 280 ° C, temperature of ion source 250 °C; acquisition mode scan. It performed the principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) in order to verify that the fish samples analyzed form distinct similarities groups and what leads to the formation of different groups. The highest concentrations of fatty acids were obtained for oleic, stearic, myristic and arachidonic acids and that behenic, caprylic, capric and linoleic (ω -6) were smaller contractions. The relationship ω 6/ ω 3 considered recommendable results presented in the human diet for all fish analyzed. The highlight is for the sample of dark muscle guaricema which expressed extremely high values in all its fatty acid profile; however the result of the relationship ω 6/ ω 3 was within the range recommended by the literature. From these results we conclude, considering that the lower the relationship ω 6/ ω 3 the greater the benefits to human

health, and that ariacó, arraia, puffer fish, guaricema, rabo aberto, sea bass, sardines, xaréu and xixarro fish, from Baía de Todos os Santos and salmon are the best advised for consumption in a healthy diet. It also important to consider the possibility of the dark muscle dorsal guaricema benefitssas a rich source of fatty acids.

Keywords: fatty acids, omega 3, omega 6, relationship $\omega 6/\omega 3$

1.0 – INTRODUÇÃO

São inúmeros os aspectos que motivam a escolha ou a mudança de uma dieta alimentar. O “estado da arte” nos hábitos alimentares ou programas nutricionais estão atrelados a inúmeras variáveis consideradas intrínsecas e extrínsecas em função de aspectos culturais, antropológicos, psicológicos e socioeconômicos que envolvem o ambiente do indivíduo (ASSIS e NAHAS, 1999).

A seleção de alimentos é determinada pelas práticas culturais, éticas, preço, religião, geografia, preparação, estocagem, habilidade no preparo, preferência, intolerâncias pessoais e o valor do prestígio do alimento, dentre outras tantas características (VELOSO, 2005).

As qualidades sensoriais como o sabor, aroma, textura e aparência também influenciam de forma marcante o comportamento alimentar associados a fatores afetivos, atitudes e crenças (ASSIS e NAHAS, 1999 e VELOSO, 2005).

Os alimentos despertam curiosidades em diversas áreas de conhecimento ampliando o interesse de estudos multidisciplinar que envolve a Ciência da Nutrição, Antropologia, Sociologia e a Psicologia gerando uma grande produção literária relacionada aos conflitos, dilemas e paradoxos no que diz respeito à nutrição e a relação com a saúde (CASOTTI, 2002)

O homem, gerações após gerações, vem alterando os hábitos alimentares evoluindo do caçador nômade dos primórdios da sua existência ao agricultor – produtor de alimentos. O interesse da população por

alimentos e suas características nutricionais, assim como o estabelecimento de recomendações alimentares sobre assuntos conflitantes ou que causem preocupação, tem sido de grande relevância nos dias atuais (CASOTTI, 2002).

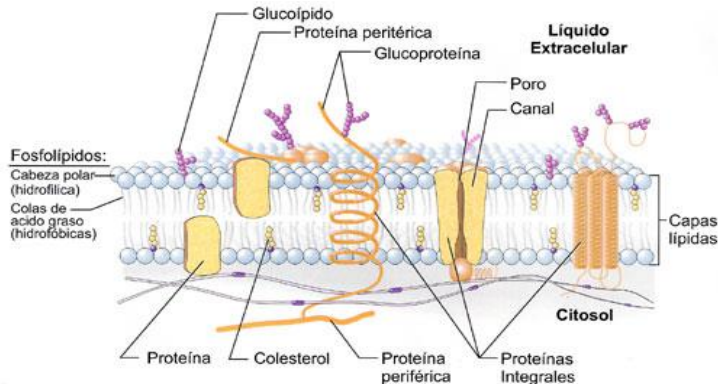
A evolução dos hominídeos até a ascensão aos humanos modernos, durante a era paleolítica, ocorreu em áreas onde havia abundância de ácidos graxos encontrados em plantas terrestres e aquáticas. Desta forma, o consumo de alimentos densamente calóricos, surgiu um progressivo processo no qual a melhor qualidade dos alimentos permitiu a evolução de um cérebro maior, e um cérebro maior descobriu formas melhores para obtenção de alimentos de melhor qualidade (SIMOPOULOS, 1999; FAGUNDES, 2002).

Trabalhos com o rigor científico atestam a escassez dos ácidos graxos na dieta do Século XX levando a alguns governos, como os do Japão, Canadá, Estados Unidos da América a estabelecerem regulamentos detalhados sobre as matérias que envolvem várias especialidades médicas, incluído até a alimentação de recém nascidos alimentados por mamadeiras (FAGUNDES, 2002).

O interesse no estudo dos lipídeos teve início no Século XIX sendo Vogel, 1847 considerado o primeiro pesquisador a identificar a presença de colesterol em placas de ateromas. Já no Século XX, em 1972, Bang e Dyerberg sugeriram que os ácidos graxos da série ômega 3 reduzem o risco de doenças cardiovasculares a partir de resultados das observações na população de esquimós (BARBOSA e colaboradores, 2007).

Os ácidos graxos sempre foram vistos, até o fim do Século XX, como uma forma eficiente do organismo armazenar energia (Figura 01) e podendo ser sintetizados a partir de proteínas e carboidratos. Deste modo,

Figura 01 - Membrana celular



Fonte: http://www.algosobre.com.br/images/stories/biologia/membrana_celular.jpg

preocupação bem como a proporção adequada de ingestão dos ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 e a redução do consumo de ácidos graxos saturados (BARBOSA e colaboradores, 2007; CARMO e CORREIA, 2009).

Considerando as implicações dos lipídeos na saúde humana, conflitos e as preocupações buscamos estudar o papel biológico e nutricional, a composição dos ácidos graxos e a relação ômega6/ômega3 no processo de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis como também na identificação e quantificação dos seus perfis, e até mais relevante, na relação entre as séries ômega 6/ômega 3, nos alimentos e no balanço dietético.

há cerca de 40 anos, são realizados estudos sobre o papel da alimentação no desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, sendo os lipídeos a maior

1.1 – OBJETIVOS

Os principais objetivos deste estudo foram:

- Revisar e melhorar as metodologias usualmente adotadas pelo Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Química – LPQ na determinação do perfil de ácidos graxos em amostras de pescados;
- Determinar a relação entre os somatórios das concentrações dos ácidos graxos da série ômega 6 e dos ácidos graxos da série ômega 3 obtidas nestes estudo;
- Avaliar os resultados obtidos em termos de contribuir e subsidiar na melhoria da qualidade de dietas humanas

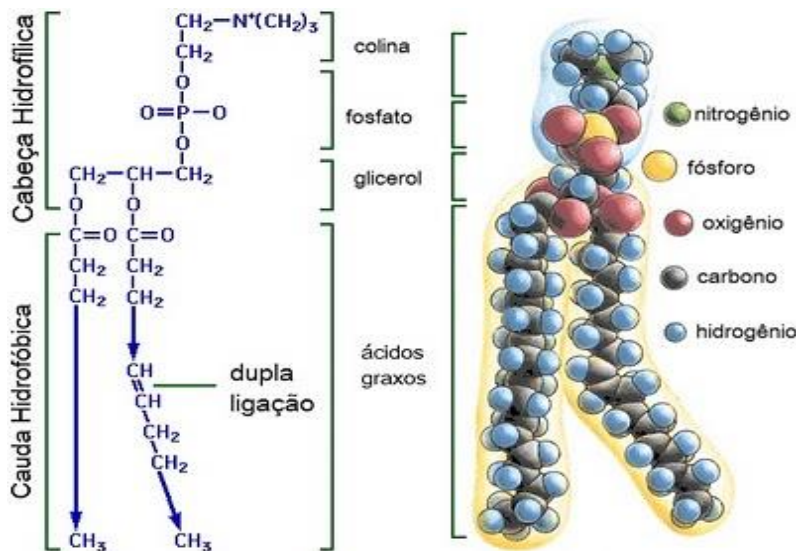
2.0 - LIPÍDEOS

A palavra lipídeos é derivada do grego “lipos”, que significa gordura. As gorduras e outras substâncias gordurosas são classificadas como lipídeos e no âmbito alimentício, por suas características apreciáveis, são considerados de grande valor nutricional (SCHACKER, 2007)

Desde a década de 70 tem sido estudada a capacidade de alguns componentes alimentares em reduzir os níveis de colesterol e frações e, em especial, comprovado o papel dos ácidos graxos neste benefício (DENARDI, 2007).

Os lipídeos são responsáveis pela qualidade de alguns produtos alimentares principalmente em relação às propriedades organolépticas que

Figura 02 – Molécula de lipídeos (glicolipídeo)



Fonte: http://4.bp.blogspot.com/_jEP6g-m9xio2.jpg

os tornam desejáveis (ex.: aroma, cor, textura) e conferem valor nutritivo por constituírem uma fonte de energia metabólica e de ácidos graxos essenciais (Figura 02). Ex.: ácidos

linoléico, linolênico, e araquidônico (SILVA e colaboradores, 1998).

Os lipídeos englobam uma classe heterogênea de substâncias, constituinte de organismos. A baixa solubidade em água e a solubilidade em solventes orgânicos apolares ou pouco polares é uma das suas

características. Os óleos e as gorduras de origem animal são constituídos de quase 100% de lipídeos, sendo as gorduras misturas de ácidos graxos na forma de triglicerídeos simples e mistos. As gorduras e os óleos usados universalmente, como formas de armazenamento de energia nos organismos vivos, são derivados dos ácidos graxos. A atual classificação de um alimento funcional tem como base a sua composição em lipídeos com baixo teor de colesterol e alta em ácidos graxos poliinsaturados (NELSON e COX, 2002; VELOSO, 2005).

A diferença entre as classes de lipídeos está relacionada às suas propriedades físicas e composição química. A classe dos lipídeos simples é considerada a mais importante do ponto de vista nutricional por incluir os triglicerídeos. A sua classificação geral pode ser resumida como apresentado na Tabela 01.

Tabela 01 – Classificação geral dos lipídeos

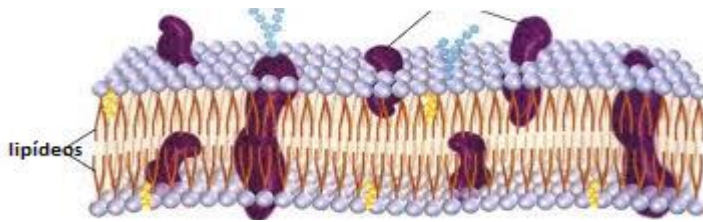
A) Simples	- ácidos graxos - gorduras neutras: ésteres de ácidos graxos com glicerol mono, di e triglicerídeos Ceras: ésteres de ácidos graxos com álcool de alto peso molecular; Ésteres esterol (ex.: éster colesterol) Éster não esterol (ex.: éster de Vit. A)
B) Compostos	- fosfolipídeos - glicolipídeos - lipoproteína
C) Derivados de alcoóis (ésteres e hidrocarbonetos)	

Fonte: SCHACKER, 2007

2.1 – Definição e funções dos lipídeos

A definição clássica de lipídeos totais está relacionada à somatória na sua composição de mono-, di-, triacilglicerídios, ácidos graxos livres, fosfolipídeos, glicolipídeos, terpenos, esteróide, ceras e outros componentes solúveis em éter (KUS, 2009). Segundo Silva e colaboradores (1999) a sua estrutura química é uma mistura de glicerídeos que por sua vez é resultante da associação de glicerol com uma, duas ou três moléculas de ácidos graxos.

Os lipídeos possuem funções das quais destacamos a energética (armazenados principalmente sob a forma de triglicérides), estrutural (nas **Figura 03 - Membrana celular com as duas camadas de lipídeos**



Fonte: <http://www.professorjarbasbio.com.br/membrana1.jpg>

membranas celulares atuam na integridade, forma, flexibilidade e permeabilidade celular) Figura 03, processos fisiológicos (produtores de eicosanóides e participam na resposta imune), absorção de vitaminas (transporte das vitaminas A, D, E e K) e na palatabilidade (contribuem no sabor, odor e textura dos alimentos e na sensação de saciedade) (GÓMEZ, 2003).

Detalhadamente as funções dos lipídeos no organismo humano são: fornecer energia, ácidos graxos e vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) incluindo o seu transporte; reserva energética não glicídica, sob a forma de triglicérides, utilizada principalmente no jejum; proteção mecânica a ossos e órgãos; manutenção da temperatura corpórea; participação na síntese de

membranas celulares, no processo inflamatório, no estresse oxidativo e de hormônios; mediadores da resposta imune (WAITZBERG, 2012)

Funções coenzimáticas e hormonais também são exercidas pelos lipídeos nos seres vivos. Vários relatos correlacionam a baixa incidência de doenças cardiovasculares em populações de esquimós e japoneses pela ingestão de ácidos graxos provenientes de peixes marinhos que vem desencadeando uma acentuada alteração nos hábitos alimentares a exemplo do aumento do consumo de peixes e derivados pela população. (NELSON e COX, 2002; PESCADOR, 2006)

2.2 – Índices de qualidade das dietas

Diferentemente dos lipídeos da carne vermelha que contém alta proporção de gordura saturada, os lipídeos dos peixes são ricos em ácidos graxos poliinsaturados essenciais das séries ômega (VELOSO, 2005).

Alguns índices são utilizados para estabelecer a qualidade dos lipídeos na alimentação. Os principais são a relação entre os ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 ($\sum\omega-6/\sum\omega-3$) e a relação de ácidos poliinsaturados e saturados ($\sum\text{PUFAs}/\sum\text{SFAs}$) (SOUZA, 2008).

São usados também o Índice de Aterogenicidade que relaciona os diferentes efeitos dos ácidos graxos na saúde humana e o Índice de Trombogenicidade que considera como a resultante da relação entre os diferentes efeitos na saúde humana dos ácidos graxos (ULBRICHT e SOUTHGATAE, 1991)

Segundo Veloso (2005), a composição de lipídeos em peixe é influenciada por fatores endógenos e/ou exógenos. O conteúdo lipídico em peixes da mesma espécie, além de diferir nas diferentes partes corporais, varia com a idade, sexo, período reprodutivo, com a estação do ano (período de captura) e localização geográfica do seu *habitat*. Afirma ainda Veloso (2005), que se deve incluir o método de pesca, período entre captura e despesca, o tipo de armazenamento nas embarcações de pesca como outros fatores que também influenciam nessa composição.

Os principais compostos identificados nos extratos lipídicos dos pescados podem ser agrupados em duas categorias: lipídeos neutros (sem carga elétrica) e lipídeos polares (com carga elétrica). Os lipídeos neutros estão presentes no músculo da maioria dos peixes e somam cerca de 90% dos lipídeos totais. Os lipídeos polares são formados pelos lipídeos de estrutura e representam entre 5 a 50% dos lipídeos totais (Tabela 02) (RIBEIRO, 2011).

Tabela 02 – Classe de lipídeos do tecido de peixes

Lipídeos neutros	Lipídeos polares
Triacilgliceróis	Glicolipídeos
Hidrocarbonetos	Fosfolipídeos
Carotenóide	
Vitaminas lipossolúveis	
Esteróides	
Alquil e alquenil de ésteres de diacilgliceróis	
Alcoóis graxos e ceras	

Fonte: RIBEIRO, 2011

Comparativamente o peixe, em relação aos tipos de carnes em geral, Tabela 03, apresenta valores calóricos baixos com alto valor nutritivo devido à presença de proteínas, lisina, isoleucina que contribuem para a sua alta digestibilidade (VELOSO, 2005; DENARDI, 2007).

Tabela 03 - Composição percentual de lipídeos totais do músculo de diferentes espécies de peixes da família Lutjanidae.

Espécies	Lipídeos totais (%) Média ± dp
Cioba	6,61±1,21
Ariacó	5,82±0,42
Vermelho paramirim	2,85±0,25
Vermelho rabo-aberto	4,87±0,32

Fonte: VELOSO (2005)

A tendência nutricional atual estabelece dietas alimentares mais saudáveis, com ingestão de grande quantidade de fibras e baixa de gorduras saturadas. Por essa razão e em vista dos benefícios do seu consumo, o peixe é considerado um importante alimento com um impulso mundialmente reconhecido pelo seu excelente valor nutricional para a saúde humana. (CASOTTI, 2002; VELOSO, 2005).

2.3 - Ácidos graxos

Os ácidos graxos ocorrem na natureza como substâncias livres e esterificadas. A sua maior parte encontra-se esterificada com o glicerol (1,2,3 – triidroxipropano) formando triglicerídeos ou triacilgliceróis

componentes dos óleos e gorduras comestíveis e representam 95% dos lipídeos da dieta humana (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996).

Os ácidos graxos também estão presentes, sob a forma de ésteres, nos esfingolipídios, cerebrosídeos, lipoproteínas, colesterol, fitoesteróides e vitaminas lipossolúveis (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996). Alguns ácidos graxos são considerados especiais por possuírem uma ou mais insaturação na molécula sendo que a presença de dupla ligação não permite o empacotamento eficiente o que reduz a interação entre as moléculas. (GUNSTONE, 2004; KUS, 2009).

Os ácidos graxos, com poucas exceções, livres ou esterificados nos lipídeos dos alimentos são considerados ácidos mono carboxílico como número par de carbonos dispostos em cadeia linear (decorrência da bioprodução a partir do acetato – acetil coenzima A), representados pela forma de RCO_2H onde na maioria das vezes o R é uma cadeia longa, sem ramificação, insaturada ou com uma ou mais insaturações que poderá ser configurada com *cis* ou *trans* (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996; CURI, 2002; BERG, TYMOCZKO e STRYER, 2008; KUS, 2009).

Nos ácidos graxos saturados os átomos de carbonos estão ligados entre si por ligações simples (ligação δ) e simples e duplas (ligações π) nos ácidos graxos insaturados. Essas ligações dupla, Figura 04, s estão localizadas na cadeia de forma não conjugada (sistema 1,4-diênico) quase sempre separadas por grupo metilênico ($\alpha\text{-CH}_2$) sendo que as duas unidades da molécula estão localizadas em cada um dos lados da ligação dupla assumindo a configuração espacial do tipo *cis* = Z, sendo que essa configuração poderá ser convertida no isômero *trans* = E, quando da

ocorrência de algumas reações químicas (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996).

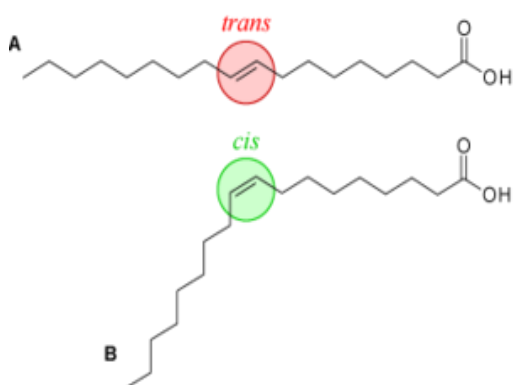


Figura 04 - Configurações molecular - A dupla ligação pode ter duas configurações; se o ácido graxo adquirir uma forma "linear", é dito que a ligação tem uma "configuração trans", mas se o ácido graxo forma uma "quina" a ligação possui configuração cis.

Fonte:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e4/Cis_trans.png/300px-Cis_trans.png

2.3.1 – Ácidos graxos quanto à configuração

Os ácidos graxos insaturados, de ocorrência natural, normalmente possuem configuração *cis* sendo que a maioria dos ácidos graxos de configuração *trans* não é encontrada na natureza e sim em gorduras que passaram por processos artificiais, especialmente como produto minoritário da hidrogenação de gorduras insaturadas que consiste em reduzir as ligações duplas de ácidos *cis* a ligações simples (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996; ANGELO, 2007).

Já a configuração *trans*, por sua vez, significa que os dois átomos de carbono em ambas as extremidades da dupla ligação estão de lado oposto. Resultam da interação entre as duplas ligações dos ácidos graxos, o hidrogênio e o catalizador quando das reações de hidrogenação parcial. Como consequência não há dobramento de cadeia e sua conformação é

muito semelhante a de um ácido graxo saturado (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996; ANGELO, 2007).

2.3.2 – Ácidos graxos quanto a cadeia carbônica

Os ácidos graxos possuem uma cadeia carbônica que varia de 2 a 36 ou mais átomos de carbono além de um grupo metílico (CH_3) e um grupo carboxílico (HO-C=O) em extremos opostos (ASSIS, 1999; GÓMEZ, 2002).

Nos alimentos naturais os ácidos graxos mais encontrados são os constituídos por cadeias com número par, no intervalo de 12 a 22 átomos de carbonos, sendo que nos alimentos preparados predominam as cadeias mais curtas, com número ímpar de átomos de carbonos (GÓMEZ, 2002).

A cadeia carbônica dos ácidos graxos saturados está sob a forma estendida em virtude da sua conformação linear e flexível, sendo o estado de menor energia, o que permite o empacotamento e aumento de interação das moléculas pela maior proximidade (GÓMEZ, 2002; KUS, 2009).

Quanto à extensão da cadeia, os ácidos graxos são classificados em cadeia curta, com 4 a 8 átomos de carbono (encontrados em gorduras de laticínios); cadeia média, de 8 a 12 átomos de carbono, (óleos de coco e palmeira) e os de cadeia longa, com mais de 12 átomos de carbono (gorduras de origem animal) e a presença ou não de duplas ligações em sua cadeia, determina o grau de saturação (NOVELLO, FRANCESCHINI e QUINTILIANO, 2008)

Já para Oliveira (2008) a nomenclatura dos ácidos graxos é baseada no número de átomos de carbono, seguido do número de ligação dupla e a posição da primeira dupla ligação contada a partir do carbono ômega.

2.3.3 – Ácidos graxos insaturados

Os ácidos graxos insaturados seguem o mesmo padrão dos ácidos graxos saturados, exceto pela existência de uma ou mais duplas ligações ao longo da cadeia. A dupla ligação ocorre entre carbonos (-CH=CH-) e de forma alternada, isto é, um único átomo de carbono só forma uma dupla ligação (do tipo -CH=CH-CH=CH- e nunca -CH=C=CH) (ANGELO, 2006).

Os ácidos graxos insaturados estão presentes nas membranas celulares e contribuem na manutenção da estrutura, funções e integridade pela formação de mono camadas de fosfolípidos. Estudos demonstraram que o teor elevado do ácido docosahexaenóico (C22:6- ω 3) presente na retina – ligados aos fosfolípidos e a rodopsina, e no cérebro – exerce influencia nas interações celulares e atividades enzimáticas, concluíram é um fator importante na adequação dos sistemas visual e nervoso. (MARTIN e colaboradores, 2006; PESCADOR, 2006).

Alimentos contendo ácidos graxos insaturados podem sofrer, por exposição prolongada ao ar, oxidação nas ligações duplas, resultando na quebra da cadeia de carbonos na zona dessa ligação e conseqüente formação de aldeídos de cadeia curta, de sabor e odor desagradável - o ranço.

2.3.4 – Ácidos graxos poliinsaturados

Os ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), assim denominados pela presença de duas ou mais insaturações, são caracterizados pela localização das duplas ligações. São representados por símbolos numéricos a exemplo do ácido α -linolênico (ALA) sendo que o número justaposto ao símbolo C indicando o número de átomo de carbono e o segundo número, a quantidade de duplas ligações. A posição da ligação dupla na cadeia hidrocarbonada é indicada entre parênteses. Os ácidos graxos também podem ser representados por letras gregas minúsculas, referindo à posição do carbono no ácido graxo. A letra α (alfa) se refere ao primeiro carbono adjacente ao grupo carboxila, β (beta) ao segundo carbono e ω (ômega) ao último carbono (MARTINS e colaboradores, 2008; NOVELLO, FRANCESCHINI e QUINTILIANO, 2008).

2.3.5 – Ácidos graxos quanto à nomenclatura

A insaturação presente nos ácidos graxos aumenta o seu ponto de fusão, restringe a rotação da cadeia hidrocarbonada e permite a isomeria sendo uma das formas de classificação em séries/famílias. Desta forma a nomenclatura IUPAC (Internacional Union of Pure and Applied Chemistry) tem como referência o radical carboxila e na outra extremidade da cadeia, o radical metila é à base da nomenclatura ômega (KUS, 2009).

Para Martin e colaboradores (2006), não há consenso quanto a nomenclatura dos ácidos graxos que são genericamente denominados de poliinsaturados. Em relação à cadeia carbônica são denominados de ácidos

graxos de cadeia longa, sendo que alguns autores consideram cadeia longa aquela com número maior que 20 átomos de carbono.

No sistema de nomenclatura oficial, o número de carbonos é indicado por um prefixo grego sendo, como exemplo, dodeca- (12 carbonos), tetradeca- (14 carbonos), hexadeca- (16 carbonos), octadeca- (18 carbonos), eicosa- (20 carbonos) e docosa- (22 carbonos). Os ácidos graxos saturados são conhecidos pelo sufixo anóico, os mono insaturados por enóico, para os di-insaturados como dienóico e os tri-insaturados por trienóico (Tabela 04) (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996).

A posição da dupla ligação na cadeia carbônica é definida por um número arábico, atribuindo-se 1 ao carbono da carboxila ou o da carbonila da função éster correspondente ao ácidos graxo. Essa estrutura química também pode ser indicada por uma notação simplificada na qual se escreve o número de átomos de carbono seguido de dois pontos e do número de duplas ligações presentes na molécula. Em seguida identifica-se a posição da primeira dupla ligação pela letra grega ômega, Figura 05 (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996).

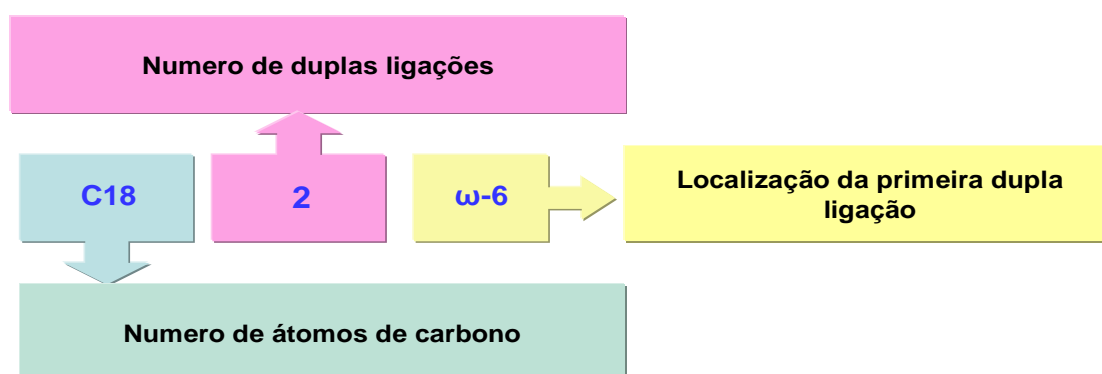


Figura 05 - Exemplo de notação para o ácido graxo linoléico (C18:2 ω-6)

Fonte: VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996

O carbono da cadeia hidrofóbica diretamente ligado ao carbono do grupo carboxílico é convencionado como carbono-alfa (α), enquanto que o carbono da extremidade oposta é o carbono-ômega (ω). A numeração dos carbonos inicia-se no carbono do grupo carboxílico; o carbono- α é o carbono-2 (DAVIDSON and CANTRILL, 1985; GÓMEZ, 2002).

Tabela 04 - Nome dos principais ácidos graxos

Nome Comum	Código	Nomenclatura
Ácidos graxos saturados de cadeia curta		
Butírico	C4:0	Butanóico
Ácidos graxos saturados de cadeia média		
Capróico	C6:0	Hexanóico
Caprílico	C8:0	Octanóico
Cáprico	C10:0	Decanóico
Láurico	C12:0	Dodecanóico
Ácidos graxos de cadeia longa		
Mirístico	C14:0	Tetradecanóico
Palmítico	C16:0	Hexadecanóico
Esteárico	C18:0	Octadecanóico
Palmitoléico	C16:1, n-7 cis	9-hexadecaenóico
Oléico	C18:1, n-9 cis	9-octadecaenóico
Elaídico	C18:1, n-9 trans	9-octadecaenóico
Linoléico	C18:2, n-6,9 cis	9,12-octadecadienóico
α -linolênico	C18:3, n-3,6,9 cis	9,12,15-octadecatrienóico
γ -linolênico	C18:3, n-6,9,12 cis	6,9,12-octadecatrienóico
Ácidos graxos de cadeia muito longa		
Araquídico	C20:0	Eicosanóico
Behênico	C22:0	Docosanóico
Eicosenóico	C20:1, n-9 cis	11-eicosenóico
Erúico	C22:1, n-9 cis	13-docosaenóico
Cetoléico	C22:1, n-11 cis	11-docosaenóico
Nervônico	C24:1, n-9 cis	15-tetracosanóico
Dihomo- γ -linolênico	C20:3, n-6,9,12 cis	8,11,14-eicosatrienóico
Araquidônico	C20:4, n-6,9,12,15 cis	5,8,11,14-Eicosatetraenóico
Timnodônico	C20:5, n-3,6,9,12,15 cis	5,8,11,14,17-Eicosapentaenóico

Fonte: GÓMEZ, 2002

2.3.6 – Ácidos graxos quanto às famílias/séries

Os ácidos graxos comumente consumidos na dieta são classificados em quatro famílias/séries: ômega 9 (ω -9), ômega 7 (ω -7), ômega 6 (ω -6) e ômega 3 (ω -3) sendo que são considerados essenciais apenas as séries ômega 6 e ômega 3. São os mais importantes no balanço dietético. (GARÓFOLO e PETRILLI, 2006).

As séries ômega 6 e ômega 3 agrupam os ácidos graxos com insaturações separadas apenas por um carbono metilênico sendo que para a série ômega 6 a insaturação ocorre no sexto carbono e para os ácidos da série ômega 3 essa insaturação está presente no terceiro carbono (MARTIN e colaboradores, 2006).

A designação utilizando a letra *n* foi empregada inicialmente em estudos envolvendo os aspectos nutricionais (MARTIN e colaboradores, 2006).

Os principais ácidos graxos da série ômega 3 são os ácidos α -linolênico (ALA C18:3 – 18 carbonos e três insaturações) e o ácido eicosapentaenóico (EPA – C20:5 – 20 carbonos e 5 insaturações) e o docosahexaenóico (DHA – C22:6 – 22 carbonos e 6 insaturações) enquanto os principais ácidos da série ômega 6 são os ácidos linoléico (LA C18:2 – 18 carbonos e 2 insaturações) e o ácido araquidônico (AA C20:4 – 20 carbonos e 4 insaturações) (SUÁREZ-MAHECHA e colaboradores, 2002; ANDRADE e CARMO, 2006; MORAES e colaboradores, 2006).

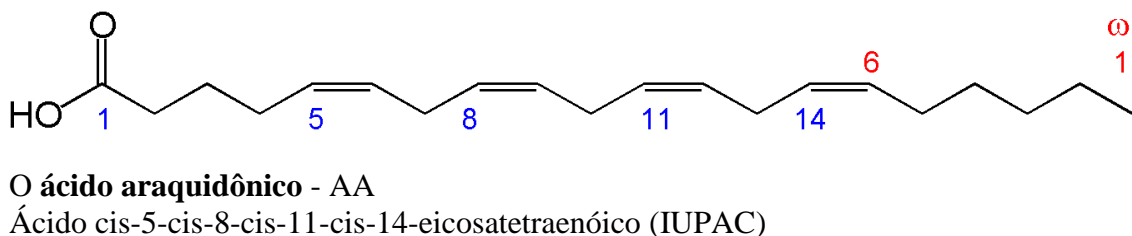
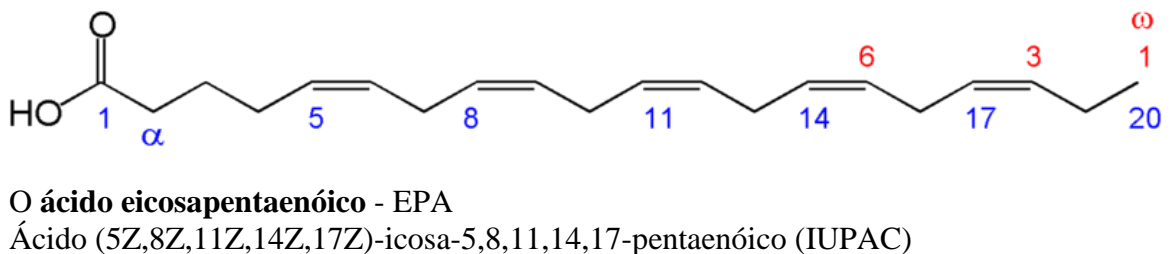
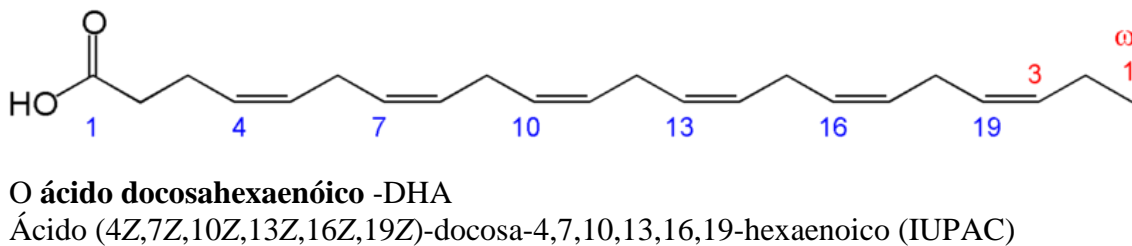
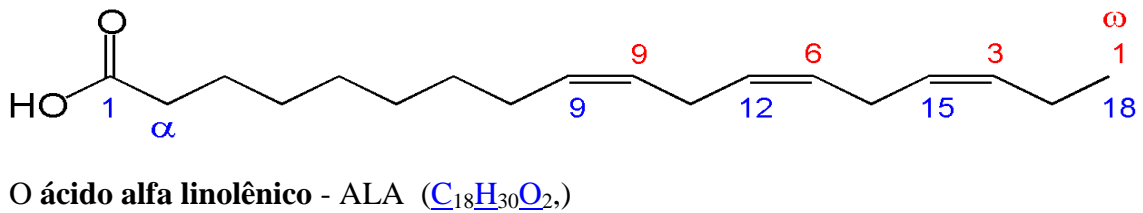
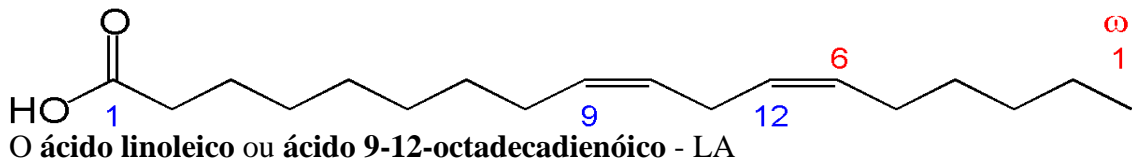


Figura 06 – Exemplos de moléculas de ácidos graxos

Fonte: <http://pt.wikipedia.org>

Os ácidos graxos da série ômega 3 são encontrados em peixes e óleo de peixe de águas frias e profundas a exemplo do salmão, arenque, atum e sardinhas. Também em vegetais como canola, linhaça e nozes. São considerados antiinflamatórios, antitrombóticos, antireumáticos e reduzem os lipídeos sanguíneos além de propriedades vasodilatadoras, efeitos benéficos na prevenção de doenças cardíacas, da hipertensão, do diabetes tipo 2 e da artrite reumatóide (PESCADOR, 2006; FORNAZZARI e colaboradores, 2007).

Os ácidos graxos da série ômega 6 são encontrados principalmente em óleos vegetais e sementes de milho, girassol, soja entre outros e contribui na produção de eicosanóides inflamatórios e cancerígenos. Contribuem com o aumento do risco de situações como o desenvolvimento de cânceres, morte súbita, doenças cardíacas, vasoconstrição, aumento da pressão arterial, elevação da taxa de triglicérides, artrite e depressão (PESCADOR, 2006; FORNAZZARI e colaboradores, 2007).

Santos e Borto-Lozo (2008), desenvolveram pesquisa com o objetivo de estabelecer a relação dos ácidos graxos ômega 3 no metabolismo lipídico. Concluíram que pesquisas e análises estatísticas têm sido realizadas com o objetivo de ampliar a compreensão das informações disponibilizadas por estudos isolados, onde foram combinados dados de diferentes estudos sobre a influência dos ácidos graxos ômega 3 em várias doenças e que há consenso, conclusão a partir dessas pesquisas, no sentido de que a quantidade e o tipo de gordura alimentar deficiente de ácidos graxos ômega 3 está relacionada ao risco de doenças coronariana.

2.3.7 - Ácidos graxos essenciais

Os ácidos graxos foram considerados como essenciais em 1929 por Michael L. Burr, pesquisador inglês, em virtude da impossibilidade do nosso organismo sintetizá-los tendo como precursoras estruturas químicas mais simples. São considerados essenciais também pelas propriedades funcionais que apresentam para a saúde humana (NOVELLO e colaboradores, 2008; KROMHOUT e colaboradores, 2011).

Os humanos são capazes de sintetizar ácidos graxos (saturados e mono insaturados) a partir de glicose e aminoácidos por meio de reações enzimáticas de alongamento (adicionam unidades de dois átomos de carbono) e dessaturação (criação de novas duplas ligações), porém não possuem as enzimas dessaturases responsáveis pela adição da dupla ligação antes do nono carbono a partir da extremidade metil. As enzimas que realizam essa reação são as delta-9 e delta-15 dessaturases que transformam o ácido oléico em ácido linoléico (C_{18:2} ω-6), ambos considerados ácidos graxos essenciais, Figura 10 (WAITZBERG, 2012).

Entretanto, o homem é incapaz de biossintetizar certos ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), como o ácido α-linolênico (LNA), ácido octadeca-9(Z),12(Z),15(Z)-trienóico, C_{18:3} ω-3-) e o ácido linoléico (LA), ácido octadeca-9(Z),12(Z)-dienóico, C_{18:2} ω-6), sem os quais seus organismos não funcionariam adequadamente. Por esta razão, estes ácidos são chamados de “essenciais” – EFA (do inglês “essential fatty acids”) (VELOSO, 2005; MARIN e colaboradores, 2006).

São considerados essenciais os ácidos graxos linoléico, araquidônico, linolênico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico sendo fornecidos pela ingestão de óleos vegetais e óleos de peixes marinhos (PESCADOR, 2006).

É de suma importância que estes ácidos sejam consumidos em proporções adequadas, duas partes ou menos de ômega 6 para uma parte de ácido ômega 3, conclui Fagundes (2002).

Fagundes (2002) esclarece ainda que o desequilíbrio entre os ácidos graxos essenciais é uma preocupação atual dos cientistas que labutam nessa área, pois acreditam que o aumento do consumo das gorduras saturadas - de origem animal, o alcoolismo, o tabagismo e a falta de atividade física são responsáveis por um grande número de doenças contemporâneas, ratificando que é vital para a saúde do homem que este equilíbrio seja restabelecido. Os ácidos graxos representam uma importante fonte de energia durante exercícios de intensidade leve ou moderada.

Para Lima de Souza (2010) a dieta ocidental é demasiadamente rica em ácidos graxos da série ômega 6 e pobre em ômega 3 em razão do alto consumo de gorduras vegetais que são ricas em ômega 6. Em seqüência reafirma ainda Lima de Souza (2010), que os principais índices utilizados para a avaliação da qualidade dos lipídeos são a relação entre os ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 ($\sum\omega6/\sum\omega3$) e a relação dos ácidos graxos poliinsaturados com os saturados ($\sum\text{PUFAs}/\sum\text{SFAs}$).

Os mamíferos, incluindo o ser humano, apresentam a capacidade de sintetizar uma série de ácidos graxos saturados e monoinsaturados, tais

como o ácido esteárico (C18:0) e o oléico (C18:1), a partir de lipídeos ou da glicose.

Os ácidos graxos essenciais estão envolvidos na fisiologia da regulação da pressão nos olhos além da dilatação ou constrição dos vasos sanguíneos.

Também está presente na regulação das secreções corporais e sua viscosidade, da transmissão nervosa e comunicação, da musculatura lisa e reflexos autonômicos, da taxa de divisão celular, da entrada e saída de substâncias nas células; direciona os hormônios da glândula para suas células-alvo; são uns dos principais constituintes da membrana celular e da manutenção da sua fluidez e rigidez; atuação no transporte do oxigênio dos glóbulos vermelhos aos tecidos; manutenção da função renal e do equilíbrio de fluidos; inibição da formação de coágulos e mediação da liberação de substâncias inflamatórias a partir de células que podem provocar condições alérgicas (SIMOPOULOS, 2002; LAWRENSON, 2012).

Os ácidos graxos também são considerados como uma importante fonte de energia durante os exercícios de intensidade leve ou moderada e os de longa duração, sendo que a sua utilização pelos músculos esqueléticos depende de etapas do metabolismo que incluem a mobilização, transporte sanguíneo, passagens pelas barreiras de membranas celulares, β -oxidação e a oxidação no Ciclo de Krebs (CURI e colaboradores, 2002).

A síntese e a degradação dos ácidos graxos são constituídas de quatro etapas que são o inverso uma da outra, em química básica.

A degradação é um processo de oxidação que converte um ácido graxo a um conjunto de unidades acetil ativadas (acetil CoA) que podem ser processadas pelo ciclo do ácido cítrico. (BERG, TYMOCZKO e STRYER 2008).

As longas cadeias carbônicas dos ácidos graxos são montadas em uma sequência repetitiva de reações. Cada passagem através do ciclo aumenta a cadeia do grupo acil graxo de dois átomos de carbono.

Quando o comprimento da cadeia alcança 16 carbonos o produto formado – palmitato (C16:0) abandona o ciclo. A clivagem final realizada pela CoA origina uma cadeia de ácido graxo com 2 átomos a menos de carbono (BERG, TYMOCZKO e STRYER, 2008; NELSON e COX, 2002)

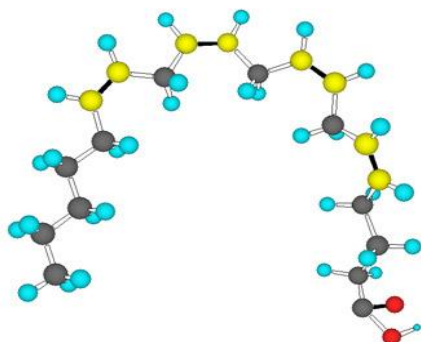
Os ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) ômega 6 (ω -6) e ômega 3 (ω -3) são obtidos por alongamento da cadeia em até 22 átomos de carbonos no processo metabólico mediado pelas enzimas alongases e dessaturases tendo como precursores os ácidos linoléico e o α -linolênico.

As enzimas denominadas alongases atuam no processo adicionando 2 átomos de carbono a partir do carbono inicial da cadeia, sendo que as enzimas dessaturases atuam oxidando 2 carbonos da cadeia para originar duplas ligações na configuração *cis* (Figura 10) (MARIN e colaboradores, 2006).

2.3.8 – Síntese dos ácidos graxos

Através do processo de alongamento e dessaturação, que ocorre no retículo endoplásmico liso – predominantes nas células hepáticas, os ácidos

Figura 07- Ácido araquidônico



Fonte: <http://www.omega6learning.uconn.edu/aa-3d-large.jpg>

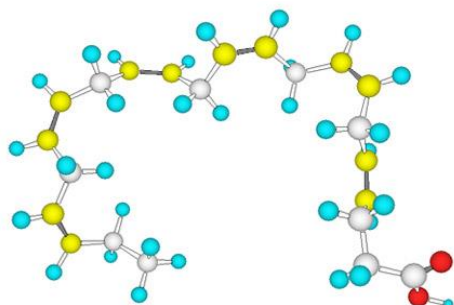
graxos linoléico (C18:2 ω -6) e o α -linolêno (C18:3 ω -3) sofrem alongamento da cadeia e adquirem novas duplas ligações originando ácidos graxos de cadeia mais longa a exemplo do ácido araquidônico (AA 20:4 ω -6), Figura 07, e o ácido docosahexaenóico (DHA C22:5 ω -6), respectivamente (MARTIN e colaboradores, 2006; PESCADOR, 2006).

Nesse processo de alongamento as duas classes de ácidos graxos competem pelas mesmas enzimas, que são comuns as vias metabólicas, onde são gerados os produtos eicosanóides.

Os produtos da série dos ácidos graxos ômega 3 são considerados benéficos por suas ações antiinflamatórias, antiarrítmicas e redutoras da concentração dos lipídeos na corrente sanguínea (ROSE, 1999; PESCADOR, 2006).

Esse processo metabólico também permite obter, a partir do ácido linoléico, os ácidos γ -linolênico, dihomo- γ -linolênico e o araquidônico que

Figura 08 - Ácido docosahexaenóico -DHA



Fonte: <http://www.omega3learning.uconn.edu/dha-3d-large.png>

com ácidos graxos altamente insaturados (HUFAs) (GÓMEZ, 2002; SUÁREZ-MAHECHA 2002).

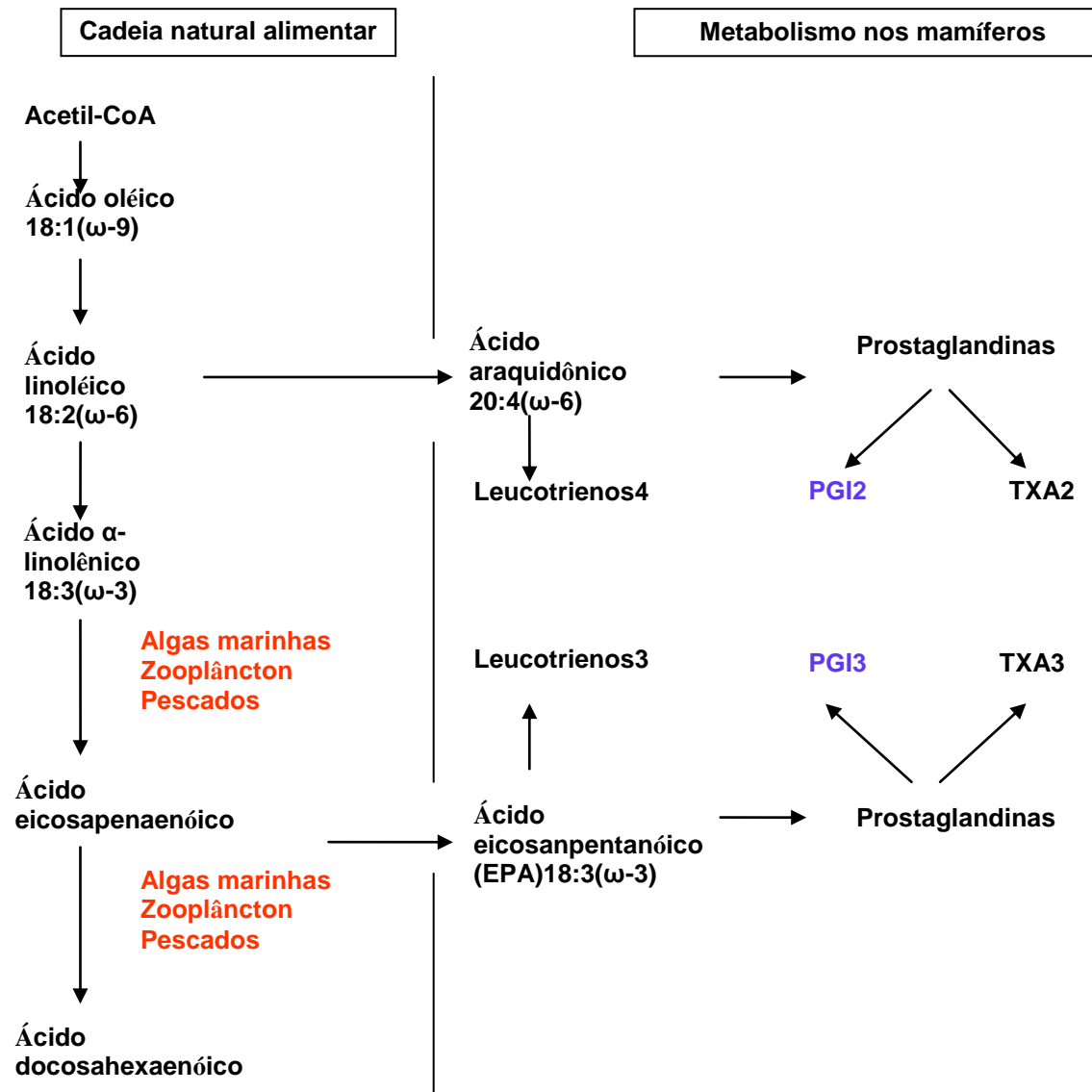
pertencem a serie ω -6. Já o ácido α -linolênico é metabolizado em outros ácidos da serie ω -3, entre ele os eicosapentaenóico - EPA e o docosahexaenóico - DHA (C22:6), Figura 08, que também são conhecidos

O ácido linoléico é o precursor do ácido araquidônico que gera ácidos graxos C22:4 e C22:5 por elongações e dessaturações sucessivas.

Ácidos graxos C22:6 são gerados por um trajeto diferente de dessaturações e elongações a partir do ácido graxo ω -3 com menor cadeia, o α -linolênico.

As enzimas de dessaturação e alongamento podem agir tanto nas séries dos ácidos graxos poliinsaturados ω -3 e ω -6 como também nas séries ω -9 e ω -7, sendo que a velocidade de dessaturação e alongamento decrescem na ordem ω -3 > ω -6 > ω -9 > ω -7, sendo a etapa limitante dessa conversão (ANDRADE e CARMO, 2006; FORNAZZARI e colaboradores, 2007).

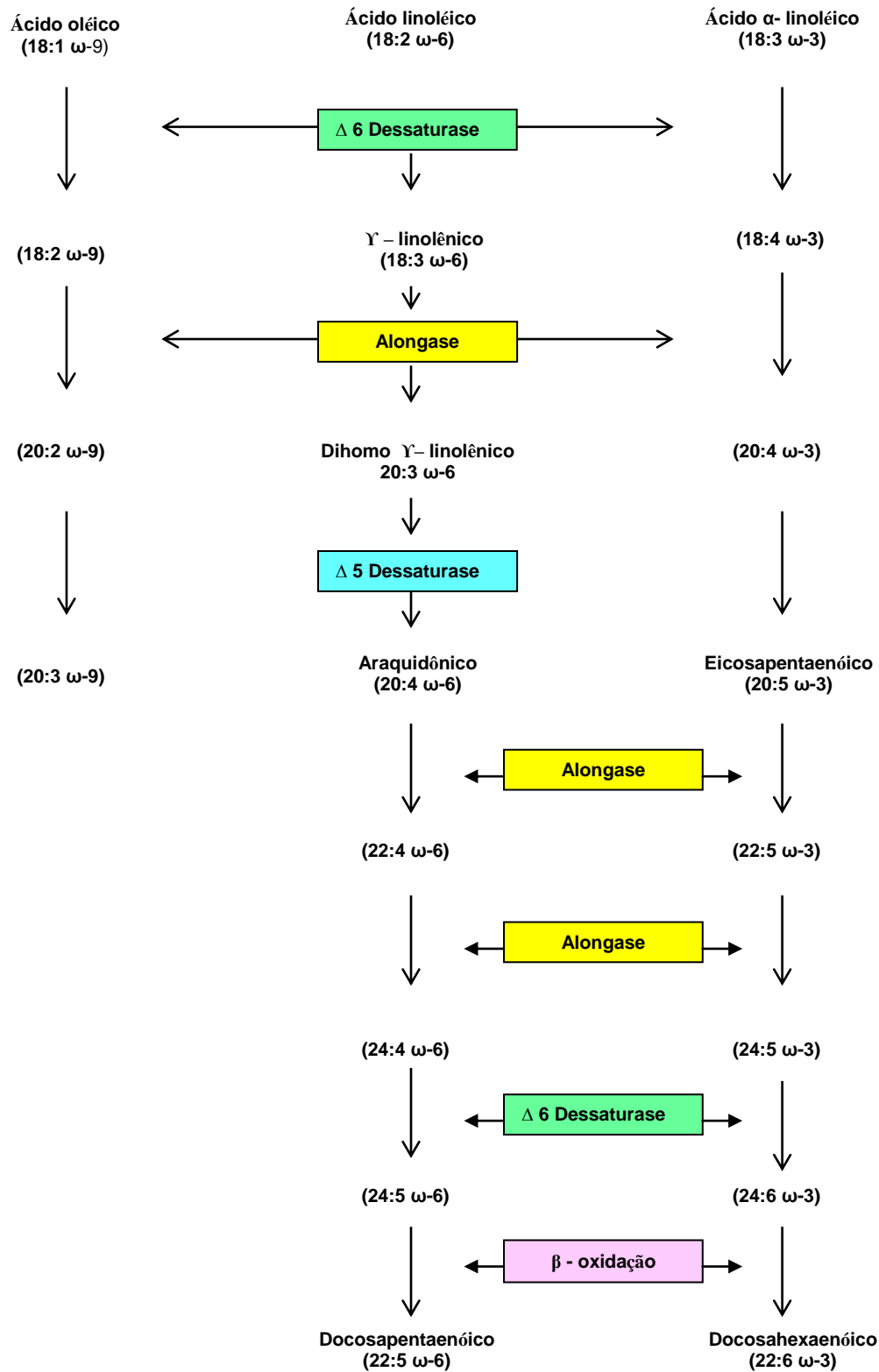
Figura 09 - Metabolismo dos ácidos graxos



Fonte: ANDRADE e CARMO, 2006

A ingestão dietética de ácidos graxos essenciais influencia nas funções de mensageiros, receptores, liberação de citocinas, composição da membrana celular e na formação de eicosanóides segundo Andrade e Carmo 2006. A família eicosanóides, que são metabólitos oxigenados, é composta das prostaglandinas (PGs), leucotrienos, prostaciclina (PCI), tromboxanos ativos e inativos (TXA e TXB) e derivados dos ácidos graxos hidroxilados. O substrato para formação dos eicosanóides são o ácido dihomo-gama-linolênico, o ácido araquidônico e o ácido eicosapentanoico. Os metabólitos derivados do ácido araquidônico recebem um sufixo “2” (PG₂, TXA₂, PCI₂) e os derivados do ácido eicosapentanoico recebem o sufixo “3” (PG₃, TXA₃, PCI₃).

Figura 10 - Síntese dos ácidos graxos

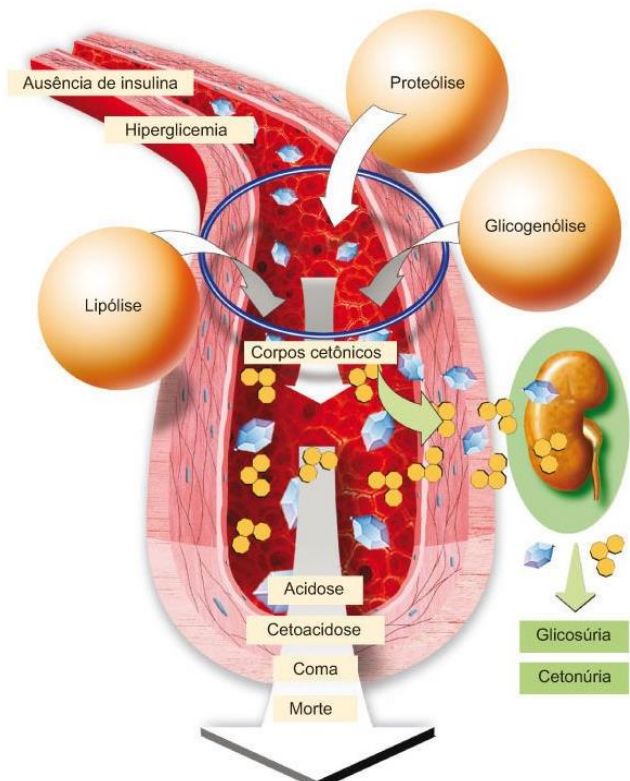


Fonte: TINOCO e colaboradores (2007)

2.3.9 – Metabolismo dos ácidos graxos

A cetogênese é um mecanismo que permite ao fígado promover a oxidação de uma grande quantidade de ácidos graxos e paralelamente utilizar os ácidos graxos como combustível para uso do cérebro. Essa

Figura 11 - Metabolismo hepático dos ácidos graxos desviado para a produção de cetonas



Fonte:

<http://www.clinicore.com.br/complemento1/ComplicacoesdoDiabetesMellitus/5a.jpg>

pelos corpos cetônicos promovendo uma ação neuroprotetora em distúrbios cerebrais a exemplo da doença de Parkinson, Alzheimer, esclerose, depressão e doença bipolar (VIZUETE, 2012). Já na cetoacidose metabólica (Figura 11) a degradação dos triglicerídeos em ácidos graxos livres é muito acelerada e o metabolismo hepático dos ácidos graxos se encontra desviado para a produção de cetonas.

reação disponibiliza um suprimento adequado de glicose para o cérebro e, além disso, a produção de corpos cetônicos fornece acetil-CoA derivados da oxidação dos ácidos graxos para outros tecidos. A dieta cetogênica é constituída por altas quantidades de ácidos graxos (PUFAS) e promove a substituição da glicose, como fonte energética,

2.3.10 - Ácidos graxos em alimentos

São escassos os trabalhos realizados no Brasil sobre a composição de ácidos graxos em alimentos, em especial no pescado de cativeiro. As técnicas de identificação e quantificação de ácidos graxos, apesar dos pequenos avanços, necessitam de modernização com objetivo de oferecer mais confiabilidade na identificação e quantificação dos ácidos graxos para uma melhor expressão dos resultados em relação aos lipídeos (VISENTAINER, 2007). Nesse sentido, numerosos estudos têm sido realizados sobre a importância dos ácidos graxos na nutrição humana.

Na busca de informações, foi realizada uma revisão de trabalhos com dados sobre a composição dos ácidos graxos em alimentos. Desta forma, a visão sobre os ácidos graxos em pescados, principal objetivo deste estudo, teve como referencial os dados de alimentos de origem animal, vegetal e alimentos derivados dessas origens.

2.3.11 – Ácidos graxos em alimentos de origem animal

Estudo realizado por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997) na espécie de camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*), Figura 12, com objetivo

Figura 12 – Camarão rosa



Fonte:

<http://pescadosverdemar.files.wordpress.com/2>

de determinar o teor de lipídeos totais e o perfil de ácidos graxos obteve composição dos ácidos graxos, por cromatografia líquida de alta eficiência, que detectou oitenta e sete ácidos graxos sendo o EPA (ácido eicosapentaenóico) e o DHA (ácido docosahexaenóico) os principais que alcançaram o percentual de 32%, considerados de maior importância para a

saúde humana. A relação poliinsaturados/saturados e ômega 3/ômega 6 foram 1,5 e 4,3 respectivamente, Tabela 05.

Tabela 05 – Composição de ácidos graxos (% por área) em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*)

Ácidos graxos	Média ± dp	Ácidos graxos	Média ± dp
10:0	0,3±0,0	19:0	0,1±0,0
12:0	0,2±0,0	19:1 ω11	0,2±0,0
14:0	1,6±0,3	19:1 ω9	0,4±0,0
15:0	1,0±0,1	18:3 ω3	0,5±0,0
15:1 ω9	0,2±0,0	18:4 ω3	0,2±0,0
15:1 ω7	0,2±0,0	20:0	0,2±0,0
16:0	14,9±0,5	20:1 ω9	0,4±0,1
16:1 ω9	0,2±0,0	20:1 ω8	0,3±0,0
16:1 ω7	6,3±0,7	20:3 ω9	0,8±0,1
16:1 ω5	0,2±0,0	20:3 ω6	0,1±0,0
16:2 ω7	0,6±0,0	20:4 ω6	5,2±0,2
ai-17:0	0,8±0,0	20:3 ω3	0,2±0,0
16:2 ω5	0,1±0,0	20:4 ω3	0,2±0,0
16:2 ω4	0,3±0,0	20:5 ω3	18,7±2,3
17:0	1,9±0,2	22:0	0,3±0,1
17:1 ω9	1,0±0,1	22:1 ω11	0,1±0,0
17:1 ω7	0,3±0,0	22:3 ω3	0,3±0,0
17:1 ω5	0,1±0,0	22:4 ω6	0,6±0,1
18:0	8,6±0,8	22:6 ω3	13,3±0,6
18:1 ω11	0,2±0,0	24:0	0,2±0,1
18:1 ω9	7,9±0,8	SATURADOS	30,2
18:1 ω7	3,6±0,2	MONOINSATURADOS	22,6
18:1 ω5	0,2±0,0	POLIINSATURADOS	45,0
18:1 ω3	0,1±0,0	POLIIN/SATURADOS	1,5
18:2 ω6	1,5±0,1	Total ω3	35,0
18:2 ω5	0,1±0,0	Total ω6	8,1
18:2 ω4	0,1±0,0	ω3/ ω6	4,3
18:2 ω3	0,1±0,0	EPA + DHA	32,0

Legenda: i = isso; ai = anteiso; EPA = ácido eicosapentaenóico; DHA = ácido docosahexaenóico
 FONTE: Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997)

Com o objetivo de contribuir na elaboração de valores para dietas consideradas saudáveis, Bragagnolo, 2001, disponibilizou dados comparativos da relação dos ácidos graxos ômega 6/ômega 3 encontrados em carne bovina, suína e de frango (Tabela - 06). Na carne bovina a

relação ficou em torno de 1,9 compatível com os valores máximos recomendados pelo British Department of Health. A relação ômega 6/ômega 3 encontrada na carne de frango e suína variou de 10 a 21, estando bem acima da faixa considerada como ideal em dietas.

Tabela 06 – Percentagem de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em carnes.

Analito	Carne bovina	Carne suína		Carne de frango	
	contrafilé	Lombo	Pernil	Branca	Escura
Lipídeos totais (g/100g)	2,4	3,0	5,0	2,7	7,0
Saturados (g/100g)	0,98	1,09	1,82	0,84	2,18
Monoinsaturados (g/100g)	0,88	1,20	2,00	1,17	3,04
Poliinsaturados (g/100g)	0,15	0,38	0,64	0,54	1,39
$\omega 6 / \omega 3$	1,9	21,0	12,0	14,0	10,0

Fonte: Bragagnolo, 2001

A qualidade nutricional da carne bovina, Figura 13, também foi motivo de trabalho realizado por Rossato e colaboradores (2009) que avaliaram a composição em lipídeos totais e ácidos graxos em dois grupos

Figura 13 - Carne bovina



Fonte:

<http://static.assimsefaz.com.br/images/3/85/1375/205635/>

de bovinos. Os resultados identificaram que relação ômega 6/ômega 3 foi de 4,63, (Tabela - 07), para a raça *Bos taurus* e 5,70 para a raça *Bos indicus* que permitiram influenciar o perfil de colesterol e ácidos graxos sendo este efeito é mais pronunciado nos ácidos graxos saturados e monoinsaturados.

Tabela 07 - Composição em lipídeos totais e ácidos graxos^a em bovinos

Variável	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos indicus</i>
Lipídeos totais (%)	8,14	8,05
Ácidos graxos saturados (%)		
C14:0	3,08	3,52
C16:0	26,14	24,77
C18:0	18,67	22,45
ΣAGS	51,35	54,32
Ácidos graxos monoinsaturados (AGM) (%)		
C14:1 <i>cis</i> 9	0,57	0,49
C16:1 <i>cis</i> 9 (C16:1 ω 7)	3,43	2,66
C18:1 <i>cis</i> 9 (C18:1 ω 9)	34,54	31,71
C18:1 <i>trans</i>	2,33	3,14
Σ AGM	43,94	40,96
Ácidos graxos poliinsaturados (AGP) (%)		
C18:2 <i>cis</i> 9,12 (C18:2 ω 6)	2,20	2,42
C18:3 <i>cis</i> 9,12,15 (C18:3 ω 3)	0,17	0,14
C18:2 <i>cis</i> 9 <i>trans</i> 11CLA0,12	0,43	0,44
C20:4 <i>cis</i> 5,8,11,14 (C20,4 ω 6)	0,17	0,12
C20:5, 7 <i>cis</i> 5,8,11,14 4,70 (C20:5 ω 3)	0,11	0,09
C22:5 <i>cis</i> 7,10,13,16,4,63,19 (C22:6 ω 3)	0,30	0,24
C22:6 <i>cis</i> 4,7,10,13,16,19 (C22:6 ω 3)	0,07	0,06
Σ AGP	4,70	4,72
Σ ω 6	2,91	2,96
Σ ω 3	0,64	0,53
ω6/ Σω3	4,63	5,70

^a = Valores em % do total de ácidos graxos

Fonte: Rossato e colaboradores (2009).

A produção mundial de carne suína, em 2001, foi estimada em 90 milhões de toneladas contra 61 milhões de carne bovina sendo a proteína animal mais consumida em todo o mundo. Além disso, a carne suína é considerada um alimento de alto teor de gordura (em torno de 7%). Em trabalho realizado por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 2002, foram determinados os teores de lipídeos totais e ácidos graxos em cortes do lombo, pernil paleta e toucinho comercializados em açougues da cidade de Campinas-SP, Tabela 08. Em todos os cortes e no toucinho foram identificados trinta e seis ácidos graxos o que permitiu estabelecer os valores e as relações expressas na Tabela – 08, sendo que o pernil apresentou maior relação de ácidos graxos poliinsaturados/saturados e menor de ômega 6/ômega 3 (ω -6/ ω -3).

Tabela 08 – Composição de ácidos graxos em corte de carne suína

Ácidos graxos	Cortes			
	Lombo	Pernil	Paleta	Toucinho
Saturados (%)	40	33	36	38
Monoinsaturados (%)	47	42	48	46
Poliinsaturados (%)	14	25	17	17
Poli/saturados	0,3	0,8	0,5	0,4
Total ω -3 (%)	0,6	2,0	1,0	1,1
Total ω -6 (%)	13	23	16	15
ω -6/ ω -3	21	12	16	14

Fonte: Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 2002

O leite de búfala é considerado um importante alimento por apresentar elevado valor nutricional. No estudo comparativo entre os leites de búfala da raça Jafarabadi e de vaca zebuína x holandesa, Tabela 09,

com o objetivo de avaliar a composição química, Verruma e Salgado (1994) identificaram a presença de ácidos graxos insaturados. Em maiores concentrações foram identificados no leite de búfala os ácidos graxos caprótico, caprílico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, esteárico, palmitoleico e linoléico e em menores concentrações o butírico, miristoleico e oléico em relação ao leite de vaca.

Tabela 09 - Composição em ácidos graxos^a dos leites de búfala e de vaca

Ácidos graxos (%)	Leites integrais	
	Búfala	Vaca
Ácido butírico	1,7	2,0
Ácido caprótico	1,3	1,2
Ácido caprílico	1,0	0,8
Ácido cáprico	2,1	1,3
Ácido láurico	2,6	1,8
Ácido mirístico	12,7	8,3
Ácido heptadecanóico	1,7	1,8
Ácido palmítico	38,3	26,5
Ácido esteárico	16,3	13,5
Ácido miristoleico	0,7	0,9
Ácido palmitoleico	2,3	2,1
Ácido oléico	25,8	30,6
Ácido linoléico	1,7	1,2

^a = Valores em % do total de ácidos graxos

Fonte: Verruma e Salgado (1994)

Animais do rebanho de cabras da raça Saanen do Brejo Paraibano foram objeto de um estudo que, dentre outras avaliações, observou-se o perfil lipídico do seu leite. Relataram Queiroga e colaboradores (2007) que a fração lipídica do leite é influenciada por diferentes manejos bem como as características químicas e sensoriais especialmente a intensidade do

sabor. Os teores de lipídio e ácidos graxos também são influenciados pela fase de lactação. Por esta razão os maiores percentuais de ácidos graxos insaturados foram observados aos 85 dias e os ácidos graxos de cadeia curta, aos 35 dias de lactação, Tabela 10, adaptada.

Tabela 10 – Perfil dos ácidos graxos saturados e insaturados do leite de cabras Saanen em fases de lactação

Ácido graxo ^(a)	Fase de lactação (dias)		
	35	85	135
Saturados (S) (%)			
C 8:0	2,59±1,40	5,95±1,72	3,69±1,31
C 11:0	0,08±0,02	2,22±1,33	1,70±0,32
C 12:0	4,78±2,15	4,73±1,03	5,29±2,69
C 13:0	0,07±0,02	0,94±0,19	1,76±0,37
C 14:0	9,32±3,28	9,34±1,77	7,30±1,68
C 15:0	0,98±0,14	0,84±0,20	1,01±0,11
C 17:0	0,97±0,24	0,14±0,07	0,36±0,11
C 20:0	0,11±0,09	0,05±0,04	0,22±0,11
Insaturados (I) (%)			
C 14:1	0,28±0,14	0,39±0,13	0,25±0,08
C 16:1	1,09±0,39	0,18±0,13	0,53±0,12
C 17:1	0,45±0,26	0,14±0,08	0,16±0,07
C 18:2	1,74±1,36	1,28±0,29	2,74±1,44
C 18:3	0,68±0,26	0,97±0,09	0,95±0,09
Saturados (S)	70,19±3,08	82,19±4,37	75,35±4,72
Monoinsaturados (M)	27,47±3,27	16,51±3,82	21,71±4,35
Poliinsaturados (P)	2,34±1,41	1,29±1,01	2,94±1,71
M/S	0,39±0,06	0,20±0,05	0,29±0,07
P/S	0,03±0,02	0,02±0,01	0,04±0,02
I/S	0,42±0,06	0,22±0,06	0,33±0,08

^a = valores expressos em percentagem de área

Fonte: Queiroga e colaboradores (2007) - adaptada.

O leite materno, por ser considerado um fluido complexo e um alimento completo, despertou curiosidade e foi motivo de estudo em busca de informações sobre a composição lipídica e o perfil em ácidos graxos. Costa e Sabarense (2010), observaram que não há grande diferença entre a composição do leite das nutrizes da América Latina em relação aos países desenvolvidos. Avaliaram ainda que o leite materno de algumas regiões brasileiras apresenta, em sua composição, ácidos graxos essenciais, a exemplo do ácido araquidônico, o ácido docosahexaenóico e baixos teores de ácidos graxos saturados e ácidos graxos *trans* sem, contudo, correlacionar estes resultados com dietas alimentares. Em paralelo estudou a composição do leite materno de diferentes regiões, Tabela 11.

Tabela 11 – Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados do leite humano em várias regiões

Ácido graxo	Espanha	Áustria	Canadá	Alemanha	França	Argentina	Brasil (Cunha et al.)	Brasil (Silva et al.)	Cuba	Caribe
Saturados	Peso %	Peso %	%	%	Peso %	Peso %	Peso %	Peso %	%	Peso %
C10:0	ND	1,23	0,60	1,01	1,23	0,91	1,35	1,68	1,57	3,62
C12:0	ND	5,24	4,10	5,21	5,15	4,67	5,30	6,88	7,81	13,82
C18:0	7,62	9,14	7,20	7,40	7,64	9,78	7,94	5,43	4,62	5,45
∑ AGS	44,10	49,90	37,80	44,30	44,30	54,30	41,50	39,70	42,50	56,50
Poliinsaturados	Peso %	Peso %	%	%	Peso %	Peso %	Peso %	Peso %	%	Peso %
C18:2 ω6	15,93	8,43	12,10	11,33	14,67	16,61	20,62	20,30	19,37	11,26
C18:3 ω3	0,49	0,69	1,40	0,90	0,70	0,47	1,72	1,43	0,92	0,67
C20:2 ω6	0,50	0,12	0,30	0,30	0,52	0,36	0,75	0,42	ND	0,32
C22:4 ω6	0,02	0,08	0,10	0,08	0,17	0,09	ND	ND	0,15	0,12
C22:5 ω3	0,10	0,16	0,20	0,15	0,16	0,03	ND	ND	0,15	0,13
C22:6 ω3	0,18	0,17	0,20	0,23	0,32	0,13	0,34	0,14	0,43	0,33
∑ AGP	18,10	10,40	15,10	16,30	18,10	19,40	25,00	23,40	23,20	15,80
∑ ω6	17,23	9,31	13,20	14,34	16,39	18,61	22,08	21,80	21,58	14,20
∑ ω3	0,83	1,10	1,90	2,00	1,32	0,78	2,22	1,59	1,62	1,50
ω6/ ω3	20,75	8,46	6,94	7,17	12,41	23,85	9,94	13,71	13,32	9,46

Legenda: AGM = ácidos graxos monoinsaturados; AGT = ácidos graxos monoinsaturados trans; AGP = ácidos graxos poliinsaturados

Fonte: Costa e Sabarense (2010) - adaptada

Além do leite, a carne de bubalinos também foi objeto de pesquisa em um estudo comparativo dos teores de gordura, colesterol e o perfil de ácidos graxos em animais castrados e inteiros. Este estudo realizado por Rodrigues e colaboradores (2004), Tabela 12, que também envolveu bovinos da raça Nelore, permitiu concluir que os animais apresentaram na carne teores semelhante de colesterol, ácidos graxos monoinsaturados e saturados, sendo que a carne dos búfalos tem maiores teores de ácidos graxos poliinsaturados, o que a credencia para o consumo visando reduzir a incidência de doenças coronarianas.

Tabela 12 - Relação entre ácidos graxos presentes na carne de bovinos e búfalos, de acordo com o grupo genético e a condição sexual.

Ácidos graxos	Grupo genético		Condição sexual	
	Nelore <i>(Nelore cattle)</i>	Búfalo <i>(Mediterranean buffalo)</i>	Castrado	Inteiro
Insaturados/saturado	1,21	1,16	1,20	1,26
Poliinsaturados/saturados	0,17	0,22	0,17	0,25
$\omega 6/\omega 3$	6,08	9,90	7,52	9,00

Fonte: Rodrigues e colaboradores (2004).

Por se destacar entre as espécies consideradas promissoras para o manejo em sistemas controlados no Brasil, a capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*) foi alvo de pesquisa realizada por Jardim e colaboradores (2003), com o objetivo de avaliar os efeitos sexo e faixas de peso no teor de lipídeos e perfil de ácidos graxos. As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa e obtidas a partir do músculo torácico. Conclui-se que não há significância dos fatores sexo e peso sobre os teores de ácidos graxos, conforme dados da Tabela 13.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Bressan e colaboradores, 2004, que analisaram quatro tipos de cortes sendo que os seus resultados permitiram concluir que a carne de capivara de animais adultos apresenta valores de gorduras abaixo dos valores das demais carnes convencionalmente usadas na dieta humana.

Tabela 13 – Média das áreas de pico (%) dos ácidos graxos encontrados na carne de capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*)

Ácido graxo	Sexo		Peso vivo		
	Macho	Fêmea	30 a 40kg	40 a 50kg	50 a 60kg
C14:0	1,47	1,45	1,40	1,47	1,52
C15:0	0,74	0,74	0,65	0,79	0,77
C16:0	16,40	16,36	15,47	16,84	16,61
C17:0	1,02	0,88	1,06	0,99	0,81
C18:0	11,40	10,76	11,70	10,81	11,07
C20:0	8,14	8,83	7,98	8,37	9,05
C16:1	0,68	0,71	0,54	0,75	0,76
C18:1 ω 9	10,42	11,58	9,08	11,66	11,66
C18:1 ω 7	1,83	1,94	1,73	1,87	2,06
C20:1 ω 9	0,48	0,53	0,61	0,40	0,61
C18:2 ω 6	18,55	19,12	18,97	18,26	19,53
C18:3 ω 3	0,35	0,36	0,42	0,32	0,39
C20:4 ω 6	6,49	6,91	6,69	6,58	6,76
C20:5 ω 3	1,82	1,30	2,17	1,44	1,24
ω 6 / ω 3	11,5	15,68	9,9	14,1	16,1

Fonte: Jardim e colaboradores (2003)

Na 2ª Conferência Internacional Virtual sobre a Qualidade de Carne Suína, Bragagnolo (2001), apresentou um estudo comparativo entre as carnes suína, bovina e de frango quanto à composição de ácidos graxos e

teor de colesterol. Na comparação analítica observou-se que a carne bovina apresentou maior teor de ácidos graxos saturados e menor teor de ácidos graxos poliinsaturados, enquanto a carne de frango apresentou mais ácidos graxos poliinsaturados e menor teor de ácidos graxos saturados que as demais carnes estudadas. Já em relação aos ácidos graxos monoinsaturados as carnes estudadas apresentaram resultados semelhantes (Tabela 14).

Tabela 14 – Percentagem de ácidos graxos^a saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em carne bovina, suína e de frango.

Ácidos graxos (%)	Carne		
	Bovina	Suína	de frango
Saturados	45±4	40±2	33±1
Monoinsaturados	40±4	44±2	46±2
Poliinsaturados	7±4	14±2	21±1

^a = Valores em % do total de ácidos graxos

Fonte: Bragagnolo (2001)

Em mais um trabalho visando obter dados sobre a composição de alimentos, Costa e colaboradores (2009), desenvolveram pesquisa com o objetivo de estabelecerem o perfil lipídico, por cromatografia gasosa, da carne de ovinos de diferentes genótipos os quais foram submetidos a dietas especiais. A dieta com maior valor energético influenciou na maior concentração dos ácidos graxos C12:0, C14:0, C18:0, C19:0 e C22:0 e a dieta com menor valor energético promoveu incremento nos ácidos graxos monoinsaturados. Concluíram, finalmente, que o genótipo e as dietas influenciam nos perfis dos lipídeos e dos ácidos graxos em ovinos. Os valores da relação ômega 6/ômega 3 foram elevados em comparação os desejáveis em dietas para humanos (Tabela 15).

Tabela 15 – Composição dos ácidos graxos (%) na fração lipídica da carne ovina dos genótipos Morada Nova, Santa Inez e ½ Dorper +½ Santa Inez submetidos a dietas especiais

Ácidos graxos	Genótipos			
	Morada Nova	Santa Inez	½ Dorper + ½ Santa Inez	
Saturados (SFA)	57,4	56,82	55,86	
Cáprico	C10:0	0,34	0,35	0,31
Mirístico	C14:0	1,08	1,16	1,14
Pentadecanóico	C15:0	0,09	0,09	0,08
Palmítico	C:16:0	25,19	24,24	24,32
Esteárico	C18:0	23,97	24,23	24,07
Araquídico	C20:0	6,25	6,34	5,42
Behênico	C22:0	0,07	0,06	0,05
Miristoléico	C14:1	0,05	0,04	0,03
Palmitoléico	C16:1	2,04	2,27	2,21
Oléico	C18:1	29,12	29,13	30,66
Linoléico	C18:2	10,56	11,07	10,65
Linolênico	C18:3	0,71	0,67	0,60
PUFA/SFA		0,20	0,21	0,20
MUFA/SFA		0,54	0,55	0,59
ω6/ω3		15,11	16,65	17,89

Legenda: PUFA/SFA = relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados; MUFA/SFA = relação entre ácidos monoinsaturados e saturados.

Fonte: Costa e colaboradores (2009) – adaptada.

Em pesquisa similar, Potença e colaboradores (2010), avaliaram a carne de frango (coxa e sobre coxa) também submetidos a dietas especiais. Concluíram que as dietas promoveram modificações na composição lipídica e que as dietas a base de óleo de soja e canola influenciaram na melhoria do perfil de ácidos graxos e na relação ômega 6/ômega 3 e também na relação ácidos graxos poliinsaturados/saturados. Estes resultados foram plotados na Tabela 16.

Tabela 16 – Perfil de ácidos graxos^a da carne da coxa e sobre coxa de frangos na fase de 21 a 42 dias

Perfil lipídico	Diets	
	Óleo de soja (%)	Óleo de canola (%)
Ácido mirístico C14:0	0,29±0,00	0,29±0,01
Ácido palmítico C16:0	19,02±0,19	18,89±0,30
Ácido palmitoléico C16:1	3,01±0,29	2,92±0,18
Ácido esteárico C18:0	5,57±0,17	6,21±0,25
Ácido oléico C18:1	34,95±0,30	44,08±0,71
Ácido linoléico C18:2 ω6	34,90±0,54	26,29±0,48
Ácido linolênico C18:3 ω3	2,28±0,02	1,33±0,02
ω6/ω3	15,32±0,21	19,80±0,04
Ácidos Saturados	24,87±0,23	25,39±0,34
Ac. Monoinsaturados (MUFA)	37,95±0,58	46,99±0,64
Ac. Poliinsaturados (PUFA)	37,18±0,55	27,62±0,50
Relação PUFA/MUFA	1,50±0,03	1,09±0,02

Legenda: PUFA = ácidos graxos poliinsaturados; MUFA = ácidos graxos monoinsaturados

^a = dados obtidos com base na percentagem de área de cada ácido graxo em relação à área total

Fonte: Potença e colaboradores (2010) – adaptada.

Em adição aos dados do estudo em carne de frango localizamos trabalho no qual Oliveira e colaboradores (2011) avaliaram a composição de ovos de galinhas poedeiras, raça Dekalb, que foram submetidas a dietas ricas em lipídeos (óleo de soja, sebo bovino e ração controle). Concluiu-se que as gemas dos ovos das poedeiras mais jovens tinham a melhor relação ômega 6/ômega 3 em relação às poedeiras mais velhas (Tabela 17) e que a quantidade de ácidos graxos podem ser modificadas em função da fontes de lipídeos oferecidas nas dietas.

Tabela 17 - Percentual na composição total de ácidos graxos saturados (SAT), monoinsaturados (MUFA), poliinsaturados (PUFA), ácidos graxos ômega 6 e ômega 3, e relação entre $\omega 6/\omega 3$ em gemas de ovos de acordo com a dieta e a idade das poedeiras.

Origem dos lipídeos/ Idade	Ácidos graxos (%)					
	SAT	MUFA	PUFA	ω -6	ω -3	$\omega 6/\omega 3$
Óleo de soja	33,07	38,72	26,32	23,55	2,30	10,25
Sebo bovino	33,45	45,53	15,72	14,06	1,00	14,10
Poedeiras jovens	34,45	43,52	19,35	17,47	1,40	13,97
Poedeiras velhas	33,28	44,36	19,71	17,87	1,35	14,81

Fonte: Oliveira e colaboradores (2011)

2.3.12 – Ácidos graxos em alimentos de origem vegetal

Foi realizada uma revisão sobre a presença dos ácidos graxos em alimentos de origem vegetal.

Os ácidos graxos poliinsaturados no reino vegetal têm ocorrência nas plantas inferiores que se desenvolvem principalmente em ambientes aquáticos marinhos. Por ser um componente lipídico dos cloroplastos estão presentes em maior quantidade nas espécies com folhas de coloração verde-escura. Tabela 18.

Em razão do baixo conteúdo lipídico as hortaliças apresentam pequenas quantidades do ácido alfa-linolênico (MARTIN e colaboradores, 2006).

Tabela 18 - Concentração dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em algumas hortaliças (mg/g)

Hortaliças	Ácido graxo		
	Linoléico (C18:2 ω -6)	Alfa-linolênico (C18:3 ω -3)	Relação ω -6 / ω -3
Agrião ¹	0,4	1,8	0,2
Alface ¹	0,4	0,9	0,4
Brócolis ¹	0,5	1,1	0,5
Beldroega ¹	0,9	4,1	0,2
Couve ¹	1,4	1,8	0,8
Couve-flor ¹	0,5	1,7	0,3
Espinafre ¹	0,3	1,3	0,2
Hortelã ¹	0,3	2,0	0,2

¹ = alimento cru

Fonte: Martin e colaboradores, 2006

Os fatores sazonais e a espécie interferem na concentração destes ácidos de alguns cereais e leguminosas. A aveia, o arroz, o feijão, a ervilha e a soja constituem importantes fontes destes ácidos (MARTIN e colaboradores, 2006) (Tabela 19).

Tabela 19 - Concentração dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em alguns cereais e leguminosas (mg/g)

Cereais e leguminosas	Ácido graxo		
	Linoléico (C18:2 ω -6)	Alfa-linolênico (C18:3 ω -3)	Relação ω -6 / ω -3
Arroz ²	0,6	0,1	4,8
Arroz ² parbolizado	3,1	0,2	17,9
Aveia ¹	24,4	1,1	22,0
Ervilha ²	1,4	0,3	4,9
Feijão ²	0,8	1,1	0,7
Lentilha ²	1,4	0,4	3,7
Milho ²	58,6	1,8	32,5
Soja ²	44,6	6,0	7,5

¹ = alimento cru; ² = alimento cozido

Fonte: Martin e colaboradores, 2006

A Tabela 20 apresenta valores destes ácidos encontrados em algumas frutas de fácil consumo .

Tabela 20 - Concentração dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em algumas frutas (mg/g)

Frutas	Ácido graxo		
	Linoléico (C18:2 ω -6)	Alfa-linolênico (C18:3 ω -3)	Relação ω -6 / ω -3
Abacate	16,7	1,3	12,5
Banana	0,5	0,3	1,7
Mamão	0,1	0,3	0,3
Manga	0,4	0,1	4,0
Morango	1,8	0,7	2,6

Fonte: Martin e colaboradores, 2006

Já nos óleos a maior concentração do alfa-linolênico é encontrada no óleo de linhaça sendo que os óleos de canola e soja também apresentam elevada concentração, Tabela 21 (MARTIN e colaboradores, 2006).

Tabela 21 - Concentração dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em alguns óleos vegetais (mg/g)

Óleos	Ácido graxo		
	Linoléico (C18:2 ω -6)	Alfa-linolênico (C18:3 ω -3)	Relação ω -6 / ω -3
Canola	203,0	93,0	2,2
Linhaça	127,0	533,0	0,24
Milho	523,0	11,6	45,1
Oliva	97,6	7,60	12,8
Soja	510,0	68,0	7,5

Fonte: Martin e colaboradores, 2006

Trabalho realizado com objetivo de caracterizar e verificar o melhor aproveitamento residual do processamento do suco do maracujá (*Passiflora edulis*), Ferrari, Colossi e Ayub (2004) analisaram o óleo do farelo das sementes, obtido pelo método de Soxhlet. A conclusão que chegaram é que o óleo da semente de maracujá tem um alto teor de ácidos graxos insaturados com elevado potencial para aproveitamento na alimentação humana e animal, bem como na indústria de cosméticos (Tabela 22).

Tabela 22 - Composição dos ácidos graxos do óleo de semente de maracujá (*Passiflora edulis*)

Ácido graxo	Óleo de semente de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) (%)
C14:0 (Ácido Mirístico)	0,08
C16:0 (Ácido Palmítico)	12,04
C18:0 (Ácido Esteárico)	Traços
C18:1 (Ácido Oléico)	18,06
C18:2 (Ácido Linoléico)	68,79
C18:3 (Ácido Linolênico)	0,69
Σ saturados	12,46
Σ insaturados	87,54

Fonte: Ferrari, Colossi e Ayub (2004)

A soja, uma valiosa fonte vegetal de proteínas e óleos, foi avaliada em algumas cultivares por Vieira, Cabral e de Paula (1999), com o objetivo de identificar a composição centesimal. Obtiveram-se resultados semelhantes aos conhecidos na literatura no tangente ao óleo. Destaque foi

dados a cultivar IAS-5 que apresentou o maior teor de insaturados na faixa de 87,45% (Tabela 23)

Tabela 23 - Composição em ácidos graxos de cultivares de soja

Ácidos graxos (%)	Cultivares					
	IAS-4	EMBRAPA-4	DAVIS	BR-16	IGUAÇU	IAS-5
Mirístico	0,06	0,03	0,08	0,07	0,04	0,07
Palmítico	9,40	9,27	11,84	10,49	9,62	8,06
Palmitoléico	0,14	0,14	0,06	0,06	0,04	0,12
Estearico	3,82	2,87	3,39	4,52	3,87	3,65
Oléico	21,15	39,93	24,87	23,56	22,38	24,17
Linoléico	57,19	42,46	53,08	53,57	56,54	55,47
Linolênico	7,51	4,64	5,92	6,84	6,65	7,69
Σ saturados	13,28	12,17	15,31	15,08	13,53	11,78
Σ insaturados	85,99	87,17	83,93	84,03	85,61	87,45

Fonte: Vieira, Cabral e de Paula (1999)

A composição centesimal da romã foi motivo de curiosidade científica de Jardini e Mancini Filho (2007). Em uma pesquisa analisaram a poupa e sementes de romã (*Punica granatu*, L.), Figura 14, cultivada no Brasil e determinaram o perfil de ácidos graxos, por cromatografia gasosa. Os resultados apresentaram um conteúdo razoável de lipídeos e uma grande concentração de ácido punico (58,14 mg/100g) além dos ácidos linoléico, oléico e o

Figura14 - Romã



Fonte:
<http://mdemulher.abril.com.br/files/2011/12/>

ácido eicosanóico que totalizaram 70,09% de ácidos graxos presentes na amostra analisada.

Valores da composição em ácidos graxos (%) de óleo e grão de café poderão ser observados na Tabela 24, produzida a partir de dados obtidos em pesquisa realizada por Lago (2001), que preocupada com a escassez de informações no Brasil, analisou, por cromatografia a gás de alta resolução, amostras descafeinadas. A conclusão foi que os resultados assemelham aos obtidos por outros autores e que o teor e a composição dos lipídeos variam grandemente entre os grãos verdes e torrados e entre as espécies de café.

Tabela 24 – Composição em ácidos graxos (%) de óleo e cera de café

Ácidos			Cera	Óleo
Mirístico	(M)	C14:0	1,5	traços
Palmítico	(P)	C16:0	24,5	31,1
Esteárico	(S)	C18:0	6,5	9,6
Oléico	(O)	C18:1	4,8	9,6
Linoléico	(Li)	C18:2	23,8	43,1
Linolênico	(Ln)	C18:3	traços	1,6
Araquídico	(A)	C20:0	14,1	4,1
Behênico	(B)	C22:0	21,0	0,9
Lignocérico	(Lg)	C24:0	3,7	traços

Fonte: Lago (2001)

Uma pesquisa em bagas de cacau foi realizada por Tucci e colaboradores (1996), que determinaram os teores de gordura e ácidos graxos em clone cultivados na região do Vale do Ribeira – SP. Identificaram que os clones analisados apresentaram teores de ácidos palmíticos entre 25,5 a 29,5% considerados mais elevados, bem como os

teores de ácido esteárico, entre 32,5 a 38,5, foram inferiores aos citados na literatura. Por estes dados concluíram que as condições climáticas influenciam nos teores de gorduras em bagas de cacau (Tabela 25).

Tabela 25 - Teores médios de gordura, teores totais de ácidos graxos saturados e insaturados e a relação entre ácidos graxos saturados e insaturados em bagas de cacau.

Clones de cacau	Ácidos graxos (%)							
	Palmítico	Esteárico	Oléico	Linoléico	Araquídico	Saturados	Insaturados	Relação sat/insatur
ICS 95	36,6	26,2	34,1	2,4	0,61	63,4	36,5	1,74
ICS 60	31,9	30,2	34,1	3,1	0,69	62,8	37,2	1,69
ICS 39	33,5	28,4	34,7	2,7	0,62	62,5	37,4	1,67
IMC 67	32,6	29,9	34,0	2,8	0,69	63,2	36,8	1,72
UF 668	33,7	28,1	34,3	3,1	0,76	62,5	37,4	1,67
UF 29	30,8	31,0	34,7	2,9	0,62	62,4	37,4	1,66
UF 667	32,7	28,4	34,9	3,2	0,81	61,9	38,1	1,62

Fonte: Tucci e colaboradores (1996) – adaptada

Polpas e castanhas de frutas das regiões norte e nordeste do Brasil foram estudadas por Costa e colaboradores (2011), que determinaram ácidos graxos em castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), mucajá (*Couma rigida* M), inajá (*Maximiliana maripa* D.), jenipapo (*Genipa Americana* L.) e buriti (*Mauritia flexuosa* L.). As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa. Os resultados (Tabela 26), considerando o somatório de ácidos graxos poliinsaturados, permitiram

deduzir que quase todas as frutas analisadas apresentaram níveis elevados destes ácidos e na relação ω 6/ ω 3, e ainda que a castanha-do-pará, a castanha de buriti, a polpa de inajá e a polpa de jenipapo apresentaram valores dentro dos parâmetros desejados.

Tabela 26 – Conteúdo total (%) de ácido graxos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA), poliinsaturados (PUFA) e a relação ω -6/ ω 3 de polpas e castanhas de frutas brasileiras

Frutas	Σ SFA	Σ MUFA	Σ PUFA	ω -6/ ω 3
Castanha-do-pará	13,16 \pm 2,23	10,61 \pm 1,84	75,34 \pm 3,85	0,62 \pm 0,08
Mucajá (castanha)	61,68 \pm 2,00	2,70 \pm 0,40	26,61 \pm 0,84	5,61 \pm 0,23
Mucajá (polpa)	16,59 \pm 1,27	2,93 \pm 1,11	77,67 \pm 2,02	25,58 \pm 6,60
Buriti (castanha)	23,96 \pm 1,94	3,87 \pm 0,91	68,41 \pm 1,99	0,49 \pm 0,04
Buriti (polpa)	18,29 \pm 2,60	1,29 \pm 0,10	77,49 \pm 3,20	29,67 \pm 13,58
Inajá	29,15 \pm 13,58	2,10 \pm 0,57	65,54 \pm 11,79	3,25 \pm 0,93
Jenipapo	25,63 \pm 0,74	3,67 \pm 0,13	61,19 \pm 3,32	2,01 \pm 2,00

Fonte: Costa e colaboradores (2011)

A obtenção e caracterização de produtos derivados do caju (*Anacardium occidentale*, L.), Figura 15, impuseram a busca de dados do

Figura 15 - Caju



Fonte: <http://corpoacorpo.net/wp-content/uploads/2011/02/Caju.jpg>

óleo amêndoa de castanha de caju que apresentou boa estabilidade sob condições de alta temperatura (110 °C) típica de lipídeos com predominância de ácidos graxos insaturados. Mesmo havendo predominância dos ácidos graxos insaturados, as maiores concentrações foram dos ácidos oléico e do linoléico que sob o ponto de vista nutricional são considerados saudáveis (Lima, Garcia e Lima, 2004) (Tabela 27).

Tabela 27 – Composição em ácidos graxos do óleo da amêndoa de castanha de caju

Ácidos graxos		(%)
Ácido palmítico	C16:0	8,77
Ácido palmitoléico	C16:1	0,42
Ácido esteárico	C18:0	7,92
Ácido oléico	C18:1	60,30
Ácido linoléico	C18:2	21,53
Ácido linolênico	C18:3	0,49
Ácido araquídico	C20:0	0,57

Fonte: Lima, Garcia e Lima, 2004

A semente do linho (*Linus usitatissimum*, L.) - a linhaça, considerada uma das maiores fontes vegetais de ácido alfa-linolênico - LNA (C18:3 ω -3), é utilizada na produção de óleo e diversos produtos alimentícios. Em estudo realizado por Aguiar e colaboradores (2010) foram avaliadas as folhas (Tabela 28) e o caule (Tabela 29) do linho com o objetivo de quantificar esse ácido que é precursor de importantes ácidos graxos de cadeia longa da série ômega 3.

A equipe de pesquisadores identificou que os caules colhidos em diferentes estágios não apresentaram diferenças significativas. As folhas colhidas aos 80 dias apresentaram a maior concentração de ácido alfa-linolênico alcançando o teor de 1.262,36 mg/100g, evidenciando o seu potencial nutritivo e ação antioxidante para alimentação animal e humana.

Tabela 28 - Quantificação do LNA (mg/100g de amostra desidratada) nas folhas de linho e somatórios e razões dos principais ácidos graxos identificados em diferentes estágios de desenvolvimento.

Ácidos graxos	Folhas		
	40 dias	80 dias	120 dias
C18:3 ω-3	398,69±2,11	1.262,36±64,38	663,91±12,37
AGPI	43,82±0,41	61,63±0,33	54,08±0,61
AGMI	19,68±0,24	12,08±0,12	11,86±0,99
AGS	36,51±0,17	26,28±0,44	34,06±0,39
ω-6	16,79±0,05	18,08±0,13	20,16±0,94
ω-3	27,03±0,47	43,56±0,46	33,92±1,55
AGPI/AGMI	1,20±0,02	2,35±0,05	1,59±0,01
ω-6/ω-3	0,62±0,01	0,42±0,01	0,60±0,04

Legenda: AGPI = ácidos graxos poliinsaturados; AGMI = ácidos graxos monoinsaturados; AGS = ácidos graxos saturados

Fonte: Aguiar e colaboradores (2010) - adaptada

Tabela 29 - Quantificação do LNA (mg/100g de amostra desidratada) no caule de linho e somatórios e razões dos principais ácidos graxos identificados em diferentes estágios de desenvolvimento.

Ácidos graxos	Caule		
	40 dias	80 dias	120 dias
C18:3 ω-3	41,77±1,54	55,71±1,11	51,36±3,52
AGPI	47,11±3,00	54,48±4,31	48,58±1,17
AGMI	13,67±2,37	9,57±0,22	9,66±1,22
AGS	39,22±0,63	35,77±4,53	41,76±0,05
ω-6	21,84±0,81	25,69±0,64	23,80±0,55
ω-3	24,92±2,12	27,41±3,76	24,78±0,63
AGPI/AGMI	1,20±0,10	1,54±0,32	1,16±0,03
ω-6/ω-3	0,88±0,04	0,91±0,10	0,96±0,01

Legenda: AGPI = ácidos graxos poliinsaturados; AGMI = ácidos graxos monoinsaturados; AGS = ácidos graxos saturados

Fonte: Aguiar e colaboradores (2010) – adaptada

2.3.13 – Ácidos graxos em pescado cultivado

Conhecedores da imprescindível utilização do sistema intensivo de criação de peixes para atender a grande demanda do consumo, Lazzari e colaboradores (2011), avaliaram o crescimento, a composição e o perfil lipídico corporal de jundiás (*Rhamdia quelen*) criados em diferentes densidade de estocagem (peso por unidade de volume – kg m^{-3}) que variaram de 4,2 a 10,8 kg m^{-3} . 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 (Tabela 30).

Tabela 30 - 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 e colaboradores (2011) - adaptada

A ostra é considerada uma fonte de colesterol e mesmo tendo uma importância nutricional e econômica, seu consumo é limitado. Parisenti,

Figura 16 - Ostra



Fonte: <http://vaiumcafezinho.zip.net/images/ostra.jpg>

Tramonte e Arellano (2010), determinaram por cromatografia gasosa ácidos graxos e os esteróides das ostras *Crassostrea gigas* cultivadas em Florianópolis –SC, Figura 16, em duas estações do ano. Na Tabela 31 estão os resultados da variação na quantidade de

lipídeos totais e na composição em ácidos graxos e esteróides das ostras coletadas no verão e na primavera e que apresentaram elevados teores de ácidos graxos insaturados, dos ácidos graxos da série ômega 3 e pequena quantidade de colesterol.

Tabela 31 - Composição em ácidos graxos (em percentagem e mg.100g⁻¹) das ostras (*Crassostrea gigas*) *in natura* coletadas no verão e primavera de 2005, em Florianópolis-SC

Ácidos graxos	%		mg. 100g ⁻¹	
	Verão	Primavera	Verão	Primavera
C16:0	20,57	19,84	316,8	529,7
C17:1	0,32	0,13	4,9	3,5
C18:1	9,97	10,57	153,5	282,2
C20:1	0,32	1,88	4,9	50,2
C18:2	2,06	1,91	31,7	51,0
C20:2	0,15	ND	2,3	ND
C18:3 ω3	2,48	2,23	38,2	59,5
C18:4	3,64	ND	37,0	ND
C20:4	3,64	2,30	56,1	61,4
C20:5 ω3	16,44	16,71	253,2	446,2
C22:5 ω3	1,16	0,53	17,9	14,2
C22:6 ω3	15,62	13,95	240,5	372,5
Σ ω3	35,70	33,42	549,8	892,4

Fonte: Parisenti, Tramonte e Arellano (2010) - adap

2.3.14 – Ácidos graxos em alimentos derivados

Foi considerado derivado o alimento que não poderia ser classificado como tradicional e/ou entre as alternativas anteriores. Desta forma buscamos dados sobre alimentos de múltipla origem a exemplo dos que se seguem abaixo.

As microalgas, que são consideradas fontes potenciais de diversos compostos químicos, tem sido estudadas em pesquisas biotecnológicas devido a sua importância econômica, ecológica e nutricional. Produzem vitaminas, sais minerais, pigmentos, lipídeos e ácidos graxos. Os ácidos graxos têm sua maior aplicação no enriquecimento de rações para peixes, produção de biodiesel e fonte de ácidos graxos essenciais na dieta humana. Em síntese, concluíram Morais e Costa (2008), Tabela 32, que nas microalgas a concentração de 12% de CO₂ durante o cultivo, permite obter até 72% de ácidos graxos insaturados.

Tabela 32 – Concentrações (% p/p) de lipídeos, ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), ácidos graxos insaturados (AGI), por cromatografia gasosa, e (ω 3+ ω 6) com relação ao total dos ácidos graxos analisados (AGT) para os ensaios realizados com microalgas cultivadas em diferentes ambientes (CO₂ % v/v).

Ensaio	CO ₂ (% v/v)	Lipídeos	AGI/AGT	PUFA/AGT	ω 3+ ω 6/AGT
<i>Spirulina sp.</i>					
1	0,038	2,3	22,9	8,9	7,7
2	6,0	6,1	40,6	10,4	10,4
3	12,0	5,2	26,7	5,4	5,4
4	18,0	3,3	-	-	-

Legenda: (-) amostra não analisada;

Fonte: de Morais e Costa (2008)

A produção de leite na região de Salinas-MG é elevada o que permite obter numerosos alimentos derivados. Desses alimentos a manteiga de garrafa, obtida a partir do creme de leite pela eliminação quase total da água, foi objeto de estudo com a finalidade de analisar o perfil de ácidos graxos. Clemente e colaboradores (2009), por análises cromatográficas, concluíram que o perfil de ácidos graxos de todas as amostras de manteiga de garrafa analisadas, apresentaram uma pequena variação entre si e que a relação dos ácidos graxos saturados/insaturados apresentou variação considerável (Tabela 33).

Tabela 33 – Porcentagem de ácidos graxos de cadeia saturada e insaturada e relação ácidos graxos saturados/insaturados de manteiga de garrafa produzidas na região de Salinas - MG

Manteigas	Ácidos graxos saturados (%)	Ácidos graxos insaturados (%)	Relação saturados/insaturados
A	58,75	41,24	1,43
B	60,97	39,04	1,56
C	62,64	37,34	1,68
D	63,35	36,66	1,73
E	57,28	42,74	1,34
F	55,76	44,24	1,26
G	60,43	39,57	1,53
H	55,68	44,32	1,26
I	66,99	33,01	2,03
J	61,73	38,27	1,61
Média	60,36	39,64	1,54

Fonte: Clemente e colaboradores (2009)

O conteúdo de ácido graxo de doze marcas de margarinas a base de óleos vegetais parcialmente hidrogenados ou interesterificados^(*) no Distrito Federal foi estudado por Cavendish e colaboradores, 2009. As margarinas foram agrupadas pelo tipo de óleos utilizados na produção e o percentual médio de lipídeos em: GH-T – hidrogenadas com 50% de lipídeos; GH-L – hidrogenadas com 20%; GI-T – interesterificadas com 65% e GI-L – interesterificadas com 30%. As análises foram realizadas por cromatografia gasosa em coluna capilar. Dos resultados concluiu-se que as margarinas interesterificadas (MOURA, 2006) são as mais recomendadas para o consumo humano por possuírem menor teor de ácido graxo *trans* (AGT) (Tabela 34).

Tabela 34 – Composição de ácidos graxos das margarinas à base de gordura vegetal hidrogenada ou interesterificada no Distrito Federal-DF (% em 100 g de produto)

	GH-T (%)	GH-L (%)	GL-T (%)	GI-L (%)
Ácidos graxos totais	51,08±3,93	20,06±1,58	63,08±5,75	28,82±2,66
Total AGS	11,80±2,16	4,50±0,06	16,56±0,80	7,17±1,16
Total AGM	13,58±1,74	4,85±0,17	13,53±2,02	9,66±4,30
Total AGP	17,80±3,04	8,28±0,26	31,85±2,45	11,61±4,30
Total AGT	7,91±1,05	2,46±0,39	1,29±0,47	0,65±0,24
ΣAGP/ ΣTRANS	2,25	3,36	24,69	17,86
ΣAGP/ ΣAGS	1,51	1,84	1,92	1,62

Legenda: AGS = ácido graxo saturado; AGM = ácido graxo monoinsaturado; AGP = ácido graxo poliinsaturado; AGT = ácido graxo *trans*; GH-T – hidrogenadas com 50% de lipídeos; GH-L – hidrogenadas com 20%; GI-T – interesterificadas com 65% e GI-L – interesterificadas com 30%.

Fonte: Cavendish e colaboradores (2009) - adaptada

(*) A interesterificação é um processo de modificação de óleos e gorduras, em nível industrial, que visa alterar as suas características físico-químicas. O processo de interesterificação é dividido em quatro classes de reações: alcoólise, acidólise, glicerólise e transesterificação.

2.3.15 – Ácidos graxos em fluídos humano

2.3.15.1 - Ácidos graxos em plasma humano

Um total de 24 espécies de ácidos graxos (Tabela 35) foi quantificado no plasma de humanos por cromatografia em fase gasosa, em um estudo que teve como objetivo comparar a eficiência de métodos de extração lipídica usando técnicas e métodos já conhecidos. No estudo concluiu-se que o Método Alternativo (uso de microondas), proposto pelos autores, foi o tecnicamente mais adequado para a extração lipídica porem não sendo recomendado para a sua quantificação (DE MORAIS e colaboradores, 2010; VISENTAINER, 2010).

Tabela 35 – Concentração de ácidos graxos (mg/g de lipídeos totais) em plasma humano

Ácidos graxos	Método 1 Folch et ali. (1957)	Método 2 Bligh and Dyer (1959)	Método 3 Rose-Gottlieb (1998)	Método 4 (alternativo)
C 18:2 ω -6c	223,87±4,43	173,71±3,65	150,94±10,02	196,29±2,66
C 18:3 ω -6	1,81±0,12	1,91±0,01	1,46±0,09	1,35±0,08
C 20:3 ω -6	5,11±0,21	3,84±0,03	3,23±0,14	4,37±0,24
C 20:4 ω -6	43,31±1,22	30,05±2,39	27,21±1,45	37,50±1,36
C 20:5 ω -3	16,48±0,80	12,69±0,15	10,72±0,52	13,61±0,36
C 22:6 ω -3	9,88±0,39	7,94±0,23	6,22±0,26	8,66±0,25
SFA	196,48±4,28	143,89±0,57	116,86±8,61	148,62±2,75
MUFA	118,11±2,62	88,16±0,79	78,52±5,63	99,58±1,89
PUFA	314,12±6,95	239,66±6,59	208,55±12,27	272,02±3,95
ω -6	273,13±6,35	209,35±7,93	182,18±10,81	238,30±4,09
ω -3	38,26±1,31	29,00±0,51	24,69±0,98	31,05±0,47
ω -6/ ω -3	7,13	7,22	7,38	7,64

Fonte: de Moraes e colaboradores (2010) – adaptada.

Os valores da Tabela 35, se comparados aos perfis encontrados em alimentos de variadas origens com a presença no sangue humano, podem contribuir no estabelecimento de valores padrão para o seu consumo.

2.3.15.2 – Ácidos graxos em sêmen humano

Com o intuito de, apenas, enriquecer os dados sobre os ácidos graxos neste estudo, foram incluídos resultados de pesquisa onde os autores, conhecedores que a composição lipídica da membrana é uma importante característica funcional dos espermatozoides analisaram sua fração fosfolipídica e identificaram que o ácido docosaheptaenóico contribui com mais de 60% dos ácidos graxos poliinsaturados nessa composição. Além disso, Zelata e colaboradores, 1998 identificaram que a relação ômega 6/ômega 3 (ω -6/ ω -3) foi significativamente aumentada nas amostras dos paciente com oligozoospermia e astenozoospermia em relação aos pacientes com normozoospermia. Em conclusão, o conteúdo alto de ácidos graxos insaturados, particularmente docosaheptaenóico identificados e as correlações significativas entre os índices ácidos graxos e docosaheptaenóico de um lado apóia o conceito de que a composição de ácidos graxos, da membrana do espermatozoide, exerce um importante papel fisiológico na mobilidade, maturidade e viabilidade.

Os resultados que corroboram com essa afirmação poderão ser observados na Tabela 36 - Composição de ácidos graxos (média + desvio padrão) da fração fosfolipídica de sêmen humano, expressos em percentagem.

Tabela 36 – Composição de ácidos graxos (média + desvio padrão) da fração fosfolipídica de sêmen humano, em percentagem.

Ácidos graxos (%)	Amostra de pacientes		
	Normozoospermia	Astenozoospermia	Oligozoospermia
SFA	52,05±0,55	55,95±1,09	56,09±2,63
MUFA	19,17±0,83	20,79±1,14	22,73±1,88
PUFA	25,62±1,18	21,31±1,52	22,58±1,64
Total ω-6	7,25±0,30	8,44±0,52	10,43±1,19
Total ω-3	18,05±1,06	12,87±1,29	12,15±2,12
ω-6/ω-3	0,48±0,04	0,66±0,11	0,86±0,52

Legenda: SFA = ácidos graxos saturados; MUFA = ácidos graxos monoinsaturados; PUFA = ácidos graxos poliinsaturados

Fonte: Zelata e colaboradores, 1998 (adaptada)

3.0 – PESCADO

Historicamente o pescado sempre foi uma fonte alimentar para pessoas de baixa renda em virtude do baixo preço. Porém nas últimas décadas a sua relevância na dieta alimentar contribuiu para o aumento do consumo nos países industrializados (PESCADOR, 2006).

Conceitualmente, segundo Pescador (2006), pescado é o animal aquático obtido de água doce ou salgada, por diferentes processos de captura ou pesca, com fins alimentares sendo classificado em peixes, moluscos, crustáceos e quelônios.

Os peixes são vertebrados, pecilotérmico, aquáticos, sem membros e respiram principalmente por brânquias. De acordo a procedência são classificados em peixes de água doce, peixe de água salgada e espécies

cultivadas. Seus nomes populares não fornecem indicações técnicas entre os diversos grupos de peixes e a nomenclatura internacional utiliza nomes derivados do latim e grego (MAIA, 1992; PESCADOR, 2006).

O peixe possui alto teor protéico, baixo teor de gorduras saturada, excelente digestibilidade, elevada concentração de ácidos graxos poliinsaturados das séries ômega 6 e ômega 3 e grande quantidades de nutrientes. O aumento e/ou diminuição da concentração de elementos químicos é condicionada a vários fatores, dependendo de cada tecido e cada órgão que possa ser analisado (VIANA, 2012).

É considerado o único animal que, mesmo quando adulto, continua o crescimento sendo que a sua alimentação, seus hábitos e até a formação física são reflexos da interação com o meio ambiente (PEREIRA, 1997; PESCADOR, 2006).

O pescado é comercializado nas formas *in natura* ou industrializado. O *in natura* é o pescado recém-capturado, refrigerado ou não e adquirido ainda cru. O industrializado é o pescado que passou por um processo de preservação por congelamento e estocado por longo tempo até a comercialização. Outros exemplos: pescado salgado, enlatado, defumado, fermentado ou ainda embutido, pasta e farinha de pescado. Por último ainda é encontrado o óleo de pescado e processado a partir da polpa (OETTERER, 2002; PESCADOR, 2006).

O peixe possui uma musculatura que se divide em músculo branco e músculo escuro. O músculo branco é de constituição uniforme quanto à composição sendo que o músculo escuro tem a sua composição variada em

função da localização sendo mais gorduroso na parte mais anterior do peixe e maior teor de água e proteínas na parte posterior. O músculo escuro tem elevado teor de mioglobina e hemoglobina (MAIA, 1992; PESCADOR, 2006).

Nos últimos anos o pescado tem despertado interesse crescente em especial por suas características nutricionais que se assemelham a composição química de aves, bovinos e suínos (ASSIS, 1999)

Os principais fatores que influenciam a escolha do pescado pelo consumidor estão relacionados às suas características quanto o sabor, odor e textura. Seu valor calórico é dependente do teor de gorduras que estão dispersas por toda a carne e pele. A composição dos peixes varia entre 70 a 85% de água, 20 a 25 % de proteínas, 0,1 a 1% de glicídios e de 1 a 1,5% de minerais (MAIA, 1992).

São considerados peixes gordos aqueles com teores de gordura variando entre 7 a 8% a exemplo do salmão, arenque, cavala, congro, pirarucu, tainha e, acima de 15% temos o atum, enguia e a merlusa com 16% de gordura.

Os peixes magros têm a sua gordura presente basicamente no fígado e a relação é de menos de 1 g de gordura por 100 g de carne. Como exemplos têm o bacalhau, badejo, carapu, carpa, covina, dourado, garoupa, goraz, linguado, peixe espada, pescadinha, pescada, pregado, robalo, salmonete, sardinha, tainha, tambaril e truta (FAULHAUBER, 1988; PESCADOR, 2006).

3.1 – Pescado quanto seu valor de mercado

Quanto a sua facilidade de digestão, sabor e valor nutritivo, Szpilman (2000) esclarece que a carne do peixe fresco é classificada como uma das melhores, influenciando diretamente no preço de mercado que o divide em quatro grupos básicos. Pescador (2006), por outro lado, observa que os peixes reputados como de melhor qualidade para a alimentação seriam os peixes brancos ou de escama e os nobre aquele que tem hábitos migratórios (Tabela 37).

Tabela 37 - Grupos básicos de peixes em função do preço de mercado

Grupo	Peixe
Primeira linha	Badejo, Cherne, Linguado, Merluza, Namorado, Robalo
Segunda linha	Abrótea, Albacora, Atum, Cioba, Dourado, Enchova, Espadarte, Garoupa, Marlim, Mero, Michole, Pargo, Pescada, Sargo-de-dente, Tira-vira, Trilha
Terceira linha	Batata, Baúna, Bicuda, Bujupirá, Bonito, Cação, Caranha, Cavala, Corvina, Goete, Olhete, Olho-de-boi, Olho-de-cão, Pampo, Pescadinha, Pira, Piraúna, Raia, Sargo-de-beiço, Sernambiguara, Serra, Sororoca, Tainha, Vermelho, Viola, Xaréu, Xerelete, Xixarro
Quarta linha	Bagre, Baiacu, Carapicu, Cavalinha, Coco-roca, Congro, Galo, Espada, Manjuba, Moréia, Parati, Peixe-porco, Piranjica, Sardinha, Ubarana

Fonte: Szpilman (2002)

Pesquisas têm demonstrado a grande utilidade do pescado como fonte alimentar e a variação na sua composição que, entre outros fatores, permite expressar a sua qualidade na orientação dietética adequada da população. A sua composição é variável e está diretamente relacionada com a espécie, em função da época e local da captura, *habitat*, sexo, idade e variando mesmo entre indivíduos da mesma espécie (PESCADOR, 2006).

3.2 – Hábitos alimentares e concentrações de ácidos graxos

Os peixes são considerados animais vertebrados, aquáticos, com brânquias, membros na forma de nadadeiras ou barbatanas e escamas. Também pode ser classificado, pelo seu hábito alimentar como planctonófagos, onnívero, iliófago, carnívoro/ictiófago/piscívoro (PESCADOR, 2006).

A base da cadeia alimentar marinha, o fitoplâncton, é constituída por algas unicelulares que tem uma composição, aproximadamente, de 20% de seu peso seco em lipídeos, sendo que desses lipídeos 50% estão sob a forma de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA's), principalmente da série ômega 3 - ácidos docosapentaenóico e o docosahexaenóico (ANDRADE e CARMO, 2006; TONIAL, 2010).

A composição de ácidos graxos nos pescados é reflexo direto da variabilidade de ácidos graxos na dieta das espécies sendo que os peixes de cativeiros, alimentados com rações comerciais, apresentam menor teor de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente da classe ômega 3, quando

comparados as espécies nativas cultivados naturalmente no mar, rio e lagos (SIMOPOULOS, 2002; PESCADOR, 2006).

3.3 – Composição dos ácidos graxos nos peixes quanto ao *habitat*

Nos pescados a composição em ácidos graxos varia de espécie para espécie sendo maior entre os peixes marinhos em relação aos peixes de água doce. Por outro lado os peixes de águas frias são mais ricos em ácidos graxos poliinsaturados que os de águas tropicais (HENDERSON, 1996; PESCADOR, 2006).

As espécies de água doce possuem, de maneira geral, todas as enzimas com capacidade de alongar e dessaturar os ácidos graxos precursores dos seus correspondentes sequenciais das séries ômega 6 ou ômega 3, considerados essenciais. As espécies marinhas, por outro lado, apresentam uma atividade enzimática muito variada sendo que algumas espécies possuem baixa ou nenhuma capacidade de bioconversão dos precursores, obrigando a uma suplementação na dieta para se obter um ótimo crescimento destes peixes (VISENTAINER e colaboradores, 2007).

O pescado de origem marinha tem como característica os baixos teores dos ácidos linoléico e o alfa-linolênico, mas com elevados teores de ácidos graxos altamente insaturados (HUFA) de cadeia longa (ω -3) quando comparados com os peixes de água doce. A composição, a distribuição e a relação entre os ácidos graxos das séries ômega 6 e ômega 3, nos peixes, sofrem influencias basicamente de três fatores: genéticos (espécies, etapa de desenvolvimento), ambientais (temperatura e salinidade) e, especialmente, nutricionais (SOUZA, ANIDO e TOGNON 2007)

Os peixes marinhos geralmente apresentam uma relação ômega 6/ômega 3 elevada, variando entre 5 a mais de 10 em virtude do alto teor de PUFA's de cadeia longa da série ômega 3 e sua dieta constituída a base de algumas algas marinhas que são capazes de sintetizar os ácidos graxos DHA e EPA (MORAES, 2006; SOUZA, ANIDO e TOGNON, 2007).

A composição dos ácidos graxos dos peixes de água doce é caracterizada por elevada proporção de ômega 6 PUFA, especialmente os ácidos linoléico e araquidônico e a relação total entre ômega 3/ômega 6 de ácidos graxos é inferior aos dos peixes marinhos variando de 1 até 4, aproximadamente (MORAES, 2006; SOUZA, ANIDO e TOGNON, 2007).

Neste trabalho todas as espécies estudadas foram de peixes marinhos e os resultados obtidos estão compatíveis com os encontrados na literatura especializada.

3.4 – Dados de pesquisas sobre ácidos graxos em espécies de peixes relacionados a este estudo

Em trabalho realizado por Veloso (2005), Tabela 38, com o objetivo de identificar compostos orgânicos voláteis e ácidos graxos em peixes marinhos concluiu, a partir dos resultados obtidos, que a família Lutjanidae possui uma distribuição qualitativa de ácidos graxos similar, diferindo apenas na composição quantitativa nas espécies estudadas. Os ácidos DHA e EPA foram os ácidos graxos poliinsaturados - AGPI predominantes e que a relação entre ômega 6/ômega 3 em todas as espécies estudadas ficou dentro da faixa recomendada mundialmente.

Tabela 38 - Composição dos principais ácidos graxos - AG (% por área) dos lipídeos de peixes da família Lutjanidae.

Ácidos graxos	Nome trivial	Cioba ^a	Vermelho rabo aberto ^b	Ariacó ^a	Vermelho paramirim ^c
C12:0	Láurico	0,32	nd	nd	nd
C14:0	Mistérico	3,68	1,66	3,25	2,28
C15:0	Pentadecanóico	0,21	nd	0,14	nd
C16:0	Palmítico	30,00	30,23	32,89	34,64
C16:1	Palminoléico	2,11	4,35	1,75	2,53
C17:0	Margárico	0,65	0,35	0,27	0,58
C18:0	Esteárico	6,89	5,45	5,74	6,66
C18:1 ω 9	Oléico	4,86	4,47	2,46	6,43
C18:2 ω -6	Linoléico	0,87	0,53	0,95	0,56
C18:3 ω -3	Alfa-linolênico, LNA	0,15	0,42	0,32	0,24
C20:0	Araquídico	0,42	nd	0,46	0,78
C20:2		nd	0,31	0,42	nd
C20:4 ω -6	Araquidônico	6,53	7,95	6,27	8,91
C20:5 ω -3	Eicosapentaenóico, EPA	7,81	4,93	6,75	4,69
C22:1	Erúcido	0,65	0,55	0,89	nd
C22:6, ω -3	Docosaexanóico, DHA	28,20	22,61	24,13	22,32
NI		6,65	16,13	13,23	9,38
Saturado (s)		42,17	37,74	42,75	42,74
Poliinsaturado (p)		43,53	36,12	39,12	36,72
p/s		1,03	0,95	0,92	0,86
Total ω -3		35,16	27,96	31,20	27,25
Total ω -6		7,40	8,48	7,22	9,47
ω -6/ ω -3		0,21	0,30	0,23	0,34

Fonte: VELOSO, 2005

Nesta mesma linha de pesquisa Andrade, Bispo e Druzian, (2009) realizaram a avaliação da qualidade nutricional em espécies de pescado mais produzidas no Estado da Bahia e concluíram que todas as espécies analisadas apresentaram alto valor protéico e que a sardinha apresentou o

maior teor de ácidos graxos saturados. Já do ponto de vista nutricional e o total de ácidos graxos saturados encontrados a guiúba e o ariacó foram considerados como melhores para o consumo humano. Afirmam ainda que os resultados obtidos poderão ser utilizados na elaboração de tabelas de balanço nutricional e na agregação de valores ao setor pesqueiro do Estado da Bahia (Tabela 39).

Tabela 39 – Composição de ácidos graxos saturados do músculo das espécies de pescado mais produzido no Estado da Bahia (%)

Ácidos graxos (%)	Espécies de pescado				
	Sardinha	Tainha	Camarão	Ariacó	Guiúba
C 14:0	5,00±0,89	5,26±0,69	1,38±0,09	1,66±1,00	0,80±0,33
C 15:0	5,94±0,15	2,92±2,57	0,92±0,03	0,48±0,08	0,51±0,18
C 16:0	24,00±2,43	23,34±0,54	15,35±0,82	20,07±1,61	17,16±2,12
C 17:0	0,28±0,12	0,83±0,54	1,91±0,08	0,95±0,69	0,99±0,17
C 18:0	9,05±2,20	5,04±1,14	10,90±0,76	9,48±0,67	8,90±0,76
C 19:0	1,42±0,15	0,99±0,15	1,73±0,12	0,91±0,09	0,15±0,19
C 20:0	0,44±0,08	0,14±0,01	-	0,27±0,10	0,23±0,06
Σ Saturados	40,62	38,52	32,19	33,80	28,74

Fonte: ANDRADE, BISPO e DRUZIAN (2009)

Pereira e colaboradores (2005), na busca de informações sobre a qualidade da sardinha (*Sardinella brasiliensis*) consumida na cidade de São Paulo-SP, analisaram amostras em diversas condições de conservação concluindo que apenas a sardinha fresca, comercializada na CEAGESP, apresentou condições de consumo adequadas.

Reafirma que além do alto valor biológico da proteína tem sido disponibilizados resultados de pesquisa de inúmeros pesquisadores, a exemplo dos citados na Tabela 40 – Ácidos graxos poliinsaturados e

lipídeos em sardinha brasileira (*Sardinella brasiliensis*), das significativas concentrações de ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 3 o que lhe adicionam características nutricional e funcional consideradas apreciáveis.

Tabela 40 - Ácidos graxos poliinsaturados e lipídeos em sardinha brasileira (*Sardinella brasiliensis*)

	ITO et al. (1969)	SILVA et al. (1993)	VISENTAINER et al. (2000)	LUIZA et al. (2003)
EPA	-	7,88 – 8,21	18,68	1,87 – 3,02
DHA	-	27,82 – 32,65	13,77	10,1 – 11,3
$\omega - 3$	-	-	32,45	13,4
$\omega - 6$	-	-	-	1,45 – 2,59
Lipídeos	1,6 – 7,1	2,23 – 3,54	-	4,00 – 10,62

Legenda: EPA = ácido eicosapentaenóico; DHA = ácido docosahexaenóico

Fonte: PEREIRA e colaboradores (2005)

3.5 – Pescado quanto à composição em lipídeos e de ácidos graxos

Ocorre diferenciação na composição dos ácidos graxos essenciais (AGE) entre os organismos terrestres, onde predominam os ácidos graxos da série do ômega 6 e entre os organismos aquáticos onde a ocorrência é dos ácidos graxos da série do ômega 3 (Tabela 41) (PESCADOR, 2006)

Tabela 41 – Composição da carne de peixe *versus* outras carnes ou alimentos (cada 100 gramas)

	Calorias	Gorduras (g)	Proteínas (g)	Carboidratos (g)	Cálcio (mg)	Fósforo (mg)	Ferro (mg)	Vitamina A (mcg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina C (mg)
Peixe	93,7	1,7	19,6	-	27,0	197,0	0,8	-	0,04	0,08	-
Galinha	202,6	14,5	18,2	-	12,0	200,0	1,7	20,0	0,02	0,15	2,0
Ovo	144,2	9,8	11,3	2,7	54,0	204,0	2,5	125,0	0,14	0,37	-
Vaca	238,6	18,2	18,7	-	4,0	207,0	3,2	-	0,06	0,17	-
Leite	64,3	3,3	3,4	5,4	156,0	88,5	0,3	32,5	0,04	0,21	1,0
Porco	211,4	16,6	15,2	-	5,0	204,0	1,6	-	0,83	0,20	-
Coelho	153,6	8,0	20,4	-	18,0	210,0	2,4	-	0,04	0,18	-

Obs.: a carne de peixe gordo, como o bagre e a tainha, difere na caloria (221,6), gordura (16,8 g), proteína (17,6 g), cálcio (32 mg) e ferro (0,6 mg)

Fonte: Szpilman (2000)

A composição de ácidos graxos em fígado e músculos de macho e fêmeas de salmão, originário do Rio Thoma, Turquia, foram determinados por cromatografia a gás em estudo realizado por Akpinar, Görgün e Akpinar, 2009. Foram identificadas diferenças significativas entre os indivíduos e nos tecidos investigados.

Os ácidos graxos mais abundantes encontrados em ambos os tecidos e ambos os sexos foi o ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0), ácido oléico (C18:1), ácido eicosapentanóico (EPA C20:5) e o ácido docosahexanóico. A razão entre ômega 6/ômega 3 no fígado foi de 2,89 para os machos e 1,97 para as fêmeas. Nos músculos foram identificadas as razões de 2,59 para os machos e 2,26 para as fêmeas, Tabela 42.

Tabela 42 - Comparação entre os perfis de ácidos graxos^a do fígado e dos músculos do *Salmo trutta macrostigma* de ambos os sexos

Ácido graxo	Fígado		Músculo	
	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea
C16:0	19,0±0,31	19,1±0,19	21,2±0,27	21,6±0,47
C18:1 ω-9	17,6±0,36	15,6±0,57	22,4±0,17	22,1±0,49
C20:5 ω-3	7,16±0,36	6,34±0,22	7,88±0,59	6,45±0,43
C22:6 ω-3	15,6±0,49	12,7±0,38	8,42±0,27	7,38±0,16
∑ SFA	28,0±0,74	31,8±0,28	28,5±0,67	29,4±0,61
∑ MUFA	28,8±0,46	30,7±0,41	35,9±0,27	37,5±0,33
∑ ω-6 PUFA	10,9±0,25	12,4±0,17	9,78±0,28	10,1±0,42
∑ ω-3 PUFA	31,1±0,44	24,5±0,29	25,4±0,74	22,9±0,24
ω-3/ ω-6	2,89±0,68	1,97±0,52	2,59±0,37	2,26±0,22

^a = os dados estão expressos em percentagem do total de ácidos graxos

Fonte: Akpınar, Görgün e Akpınar, 2009

O salmão (*Salmo salar L.*) também foi estudado por Tonial e colaboradores, 2010 como o objetivo de identificar a composição centesimal e o teor de ácidos graxos do tecido muscular sob duas formas: *in natura* e grelhado. Os resultados das análises das amostras adquiridas em diferentes redes de supermercados de Araraquara-SP, em ambas as formas, permitiram concluir que o salmão possui um bom teor de proteínas e alto de gordura e que o aquecimento não interferiu nos percentuais de ácidos graxos (Tabela 43).

Tabela 43 – Composição em ácido graxos (% de área relativa) em filés de salmão (*Salmo salar L.*) *in natura* e grelhada

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

Legenda: AGS = somatório dos ácidos graxos saturados; AGMI = somatório dos ácidos graxos mono insaturados AGPI = somatório dos ácidos graxos poliinsaturados

Fonte: Tonial e colaboradores, 2010

Contribuição para essa temática foi dada pelos pesquisadores Moreira e colaboradores (2003) com um trabalho que objetivou determinar lipídeos totais e o perfil de ácidos graxos na cabeça *in natura* de peixes, do gênero *Brycon*, nativos e criados em gaiolas nos rios Guibá-Manso e Paraná.

Concluíram que esses sistemas de criação influenciam de forma significativa no conteúdo dos ácidos graxos ômega 3 no pescado o que permite utilizar-lo na alimentação humana. Identificaram que houve predominância dos ácidos oléico, palmítico, esteárico e linoléico em todas as espécies estudadas (Tabela 44).

Outro trabalho científico desenvolvido por Stevanato e colaboradores (2007), que teve como objetivo avaliar a composição em ácidos graxos e o potencial em nutrientes de tilápias *in natura* processadas sob a forma de farinhas, encontrou resultados que permitiram concluir que as cabeças de tilápias processados na forma de farinha apresentaram conteúdo, em relação à proteína, lipídeos totais e cinzas (minerais), de alto valor nutritivo.

A concentração de ácidos graxos ômega 3 encontrada foi considerada satisfatória e as relações AGPI/AGS e ω -6/ ω -3 dentro dos níveis recomendados.

Os resultados também permitiram concluir que as cabeças de tilápia podem ser usadas para consumo humano, como um alimento nutritivo e de baixo custo além de contribuem para a redução da poluição ambiental ao utilizar resíduos da produção de pescados (Tabela 45).

Tabela 44 - Composição de ácidos graxos das cabeças Matrinxã, Piraputanga e Piracanjuba

Espécies	Matrinxã		Piraputanga		Piracanjuba		
	Açude	Gaiola	açude	nativo	açude	gaiola	nativo
Ácidos graxos							
\sum AGPI	14,91±0,79	13,84±0,08	15,88±0,36	10,30±0,28	19,32±0,19	15,01±0,21	14,83±0,04
\sum AGMI	46,39±0,35	50,13±0,15	49,82±0,36	50,29±0,22	48,26±0,35	48,44±0,52	50,12±0,06
\sum AGS	38,70±0,41	36,03±0,32	34,30±0,55	39,41±0,23	32,42±0,30	36,55±0,49	35,03±0,07
\sum ω 6	12,48±0,79	11,66±0,07	12,96±0,34	6,02±0,27	16,06±0,19	11,92±0,20	12,44±0,04
\sum ω 3	1,55±0,04	1,48±0,03	1,97±0,09	3,67±0,10	2,34±0,04	2,36±0,03	1,73±0,01
AGPI/AGS	0,39±0,02	0,38±0,00	0,46±0,01	0,26±0,01	0,60±0,01	0,41±0,01	0,42±0,00
ω 6 / ω 3	8,05±0,06	7,88±0,19	6,59±0,34	1,64±0,09	6,86±0,13	5,05±0,11	7,19±0,05

Legenda – AG = ácidos graxos; \sum AGPI = somatório de ácidos graxos poliinsaturados; \sum AGS = somatório de ácidos graxos saturados; \sum AGMI = somatório de ácidos graxos monoinsaturados; \sum ω 6 = somatório dos ácidos graxos ômega 6; \sum ω 3 = somatório dos ácidos graxos ômega 3

Fonte: Moreira e colaboradores (2003)

Tabela 45 - Ácidos graxos ($mg.100.g^{-1}$) em cabeças *in natura* e na farinha das cabeças de tilápia (*Oreochromis niloticus*)

Ácidos graxos	<i>In natura</i> ($mg.100.g^{-1}$)	Farinha da cabeça ($mg.100.g^{-1}$)
C14:0	241±12	829±42
C15:0	8,0±1	68±6
C16:0	1.999±43	7.699±35
C16:1 ω-7	470±7	1.882±101
C16:1 ω-5	14±1	49±8
C17:0	31±3	111±26
C18:0	622±34	2.208±26
C18:1 ω-7	253±37	757±52
C18:1 ω-5	11±3	42±3
C18:2 ω-6 (LA)	1.018±22	3.784±114
C18:3 ω-6	78±6	271±10
C18:3 (ALA)	98±2	316±10
C20:0	18±3	72±6
C20:1 ω-9	152±20	571±32
C21:0	27±1	114±10
C20:2 ω-6	47±4	186±16
C20:3 ω-6	55±3	215±23
C20:3 ω-3	10±1	23±6
C22:1 ω-9	94±2	398±13
C22:2 ω-6	5±1	23±2
C20:4 ω-9 (AA)	4±1	16±2
C20:5 ω-3 (EPA)	3±1	10±4
C22:0	20±1	75±10
C24:0	4±1	13±1
C24:1 ω-9	52±6	221±22
C22:4 ω-3	47±2	192±22
C22:6 ω-3 (DHA)	48±2	212±19
Não identificado	115±8	440±39
PUFA	1.414±60	5.226±133
MUFA	4.274±69	15.743±427
SFA	2.982±60	11.191±68
ω-6	1.208±29	4.495±120
ω-3	206±9	731±55
PUFA/SFA	0,47±0,01	0,47±,001
ω-6/ ω-3	5,87±1,22	6,15±0,50

Legenda: PUFA = ácidos graxos poliinsaturados; MUFA = ácidos graxos monoinsaturados; SFA = ácidos graxos saturados; LA = ácido linoléico; ALA = ácido linolênico; AA = ácido aracdônico; DHA = ácido docosahexaenoico

Fonte: STEVANATO e colaboradores (2007)

Objetivando oferecer informações sobre os aspectos nutricionais de peixes da região Amazônica, Lima de Souza (2010) avaliou as características físicas, químicas e o perfil dos ácidos graxos das espécies pescada amarela, bagre e mapará. Concluiu que a pescada amarela e o bagre apresentaram boa relação protéico/calórica enquanto o mapará pode ser considerado uma boa fonte energética devido ao alto teor de lipídeos totais destacando as espécies mapará e bagre com altos teores de ácidos graxos monoinsaturados e a pescada amarela que apresentou maior teor de ácidos graxos insaturados, especialmente os da série ômega 3 (Tabela 46).

Tabela 46- Composição dos lipídeos (g/100g) e dos ácidos graxos (%) em peixes da região Amazônica

Ácido graxo		Pescada amarela	Bagre	Mapará
C 14:0	Mirístico	3,9±0,40	4,6±1,48	6,5±1,13
C 14:1	Miristoléico	0,5±0,05	0,4±0,08	1,4±0,03
C 18:0	Estearíco	5,2±0,98	10,4±0,39	8,8±2,40
C 18:2	Linoleico	1,5±0,21	3,3±0,02	3,4±0,04
C 18:3	Linolênico	0,4±0,06	5,0±0,57	5,3±0,62
C 20:4	Araquidônico	-	-	0,5±0,05
C 22:0	Behênico	-	-	-
C 22:1	Erúico	6,4±0,82	3,0±0,12	3,0±0,06
C 20:5	EPA	6,6±0,82	4,5±0,59	4,7±0,56
ΣPUFAs		28,8±4,12	18,8±0,75	19,5±1,00
Σ AGω3		29,2±0,85	14,7±1,63	15,0±1,37
Σ AGω6		1,4±0,13	3,6±0,34	3,8±0,09
Σ ω6/ω3		0,1±0,00	0,3±0,05	0,3±0,03

Legenda: (*) média ± desvio padrão; EDA = ácido eicoexosadienóico; EPA = ácido eicosapentanóico; ETA = ácido eicosatrienóico; DHA = ácido docosahexaenóico; MUFA = ácidos graxos monoinsaturados; PUFA = ácido graxos poliinsaturados; SFA = ácidos graxos saturados; AG = ácidos graxos; Σ = somatório.

Fonte: LIMA de SOUZA e colaboradores (2010) - adaptada

O perfil de ácidos graxos em camarão-de-água-doce foi estudado em seis lotes (100 g cada) na fase juvenil sem identificação de sexo, por Furuya (2006) tendo concluído que o *Macrobrachium amazonicum* consisti em um potencial fonte de ácidos graxos, especialmente EPA e DHA, se utilizado na ração para peixes objetivando incorporar ácidos graxos em sua composição para posterior consumo ou diretamente na alimentação humana (Tabela 47 – Perfil dos ácidos graxos (%) do camarão-de-água-doce – *Macrobrachium amazonicum*).

Tabela 47 – Perfil dos ácidos graxos (%) do camarão-de-água-doce – *Macrobrachium amazonicum*

Ácido graxo	Média ± desvio-padrão
∑ AG saturado	29,8±0,1
C16:1 ω-9	0,6±0,0
C18:1 ω-9	9,4±0,1
C18:1 ω-7	6,6±0,7
C18:1 ω-5	1,1±0,0
∑ AG monoinsaturado	24,6±1,0
C18:2 ω-6 (LA)	5,4±0,1
C18:3 ω-3 (LNA)	4,2±0,0
C20:5 ω-3 (EPA)	13,9±0,1
C22:5 ω-6	2,9±0,1
C22:5 ω-3	0,6±0,1
C22:6 ω-3 (DHA)	6,8±0,3
∑ AG poliinsaturado	46,8±0,4
C18:2 ω-6 (LA)	5,4±0,1
C20:4 ω-6	0,4±0,0
C18:3 ω-3 (LNA)	4,2±0,0
C20:3 ω-3	9,5±0,3
C20:5 ω-3 (EPA)	13,9±0,1
C22:6 ω-3 (DHA)	6,8±0,3
∑ ω-3	36,9±0,4
Razão ∑ ω-6 /ω-3	0,3

Legenda: AG = ácido graxo; LA = ácido linoléico; LNA = ácido linolênico; EPA = ácido eicosapentaenóico; DHA = ácido docosahexaenóico; AGPI = ácido graxo poliinsaturado; AGS = ácido graxo saturado

Fonte: FURUYA e colaboradores (2006)

A composição em ácidos graxos de espécies de peixes de água doce (sete espécies) e de água salgada (nove espécies) comercializadas no Brasil foi analisada por Gutiérrez e Silva (1993). Identificou-se que o ácido palmítico foi o de maior predominância tanto nas espécies de água doce com salgada. O ácido oléico foi o mais abundante dos monoinsaturados e encontrados em maiores níveis nos peixes de água doce. Dos peixes de água salgada analisados, a sardinha e a manjuba foram considerados recomendáveis como fonte adequada de ácidos graxos ômega 3 e que os peixes de água doce foram considerados deficientes como fonte dos ácidos eicosapentaenóico e docosaheptaenóico.

Na pesquisa realizada por Taneja e Singh (2012), em pescados de origem marinha, identificaram e quantificaram ácidos graxos. Foram analisados óleos de peixes como salmão, arenque, atum, anchova, bacalhau, truta e cavala, tendo sido quantificados EPA e DHA em alta concentração (Tabela 48).

Tabela 48 - Ômega 3 em óleo de peixes marinhos

Pescado	EPA + DHA ou ALA (mg 100 g⁻¹)
Anchova	2.005,0
Salmão do Atlântico (cultivado)	2.147,0
Salmão do Atlântico (selvagem)	1.840,0
Arenque	2.014,0
Atum rabilho	1.505,0
Cavala	1.203,0
Truta (cultivada)	875,0
Bacalhau	158,0

Fonte: TANEJA e SINGH e colaboradores (2012)

Também em sua dissertação de mestrado Denardi (2007) cita dados similares de pesquisas que tiveram como objetivo identificar e quantificar os ácidos graxos da série ômega 3 em pescados, conforme Tabela 49 – Conteúdo médio de ácido graxo poliinsaturado ômega-3 em pescados.

Tabela 49 – Conteúdo médio de ácido graxo poliinsaturado ômega-3 em pescados

Conteúdo médio de ômega-3 em pescados	
Pescado	Gramas de ω -3/100g de pescado
Cavala	1,8 – 5,3
Arenque	1,2 – 3,1
Salmão	1,0 – 2,0
Truta	0,5 – 1,6
Atum	0,5 – 1,6
Bacalhau	0,2

Fonte: DENARDI (2007)

A composição química das vísceras de tilápias criadas em cativeiros foi estudada por Pescador (2006) obtendo o valor de 18% de lipídeos totais que permite concluir como sendo uma alta concentração tendo como relação à concentração em outros resíduos de peixes. Nessa mesma pesquisa foram também identificados 49 ácidos graxos a exemplo de: oléico (32,8%), palmítico (19,95%), linoléico (18,2%), α -linolênico (10,4%), eicosapentaenóico (1,4%) e o docosahexaenóico (9,3%). A razão entre as séries de ômega 6/ ômega 3 e ácidos poliinsaturados/saturados foram de 5,5 e 0,9 respectivamente.

Com o objetivo de também determinar a composição de tilápias quanto ao perfil lipídico e a composição química, Ribeiro (2011), analisou filés de tilápias nilóticas criadas em três diferentes condições de cultivo por

um período de 120 dias. Os tratamentos aplicados foram: dieta base em tanques de alvenarias; dieta base em tanque de terra e dieta natural por fertilização química em tanque de terra.

Foi concluído que o sistema de cultivo interfere na composição química dos filés de tilápias nilótica tendo em vista que o filé originário do tanque de terra com dieta natural com fertilização química apresentou melhor qualidade nutricional (Tabela 40).

Tabela 50 – Perfil dos principais ácidos graxos poliinsaturados encontrados nos filés de tilápia e efeito dos tratamentos nestes percentuais

Tratamento	Ácidos graxos					
	C18:2	C18:3	C20:3	C20:4	C20:5	C22:6
Tanque de alvenaria	14,86±2,13	1,01±0,09	0,95±0,10	0,21±0,04	0,03±0,01	0,98±0,04
Tanque de terra	15,86±2,07	1,39±0,22	0,69±0,05	0,10±0,08	0	0,89±0,06
Tanque fertilizado	7,76±0,87	2,32±0,54	0,44±0,02	2,99±0,16	0	10,01±2,97

Fonte: RIBEIRO (2011)

Já Visentainer e colaboradores (2007), Tabela 51, em experimento realizado com o objetivo de identificar e quantificar os ácidos graxos Eicosapentaenóico (EPA) e o Docosahexaenóico (DHA) em partes de peixes (órbita ocular acrescido do material gorduroso da cavidade ocular e o filé) concluíram que nas espécies estudadas os teores de DHA totais (olho + filé) foram superiores, exceto para a sardinha.

Tabela 51– Relações entre EPA/DHA (olho/filé) e EPA (olho/filé)

Espécie	Relação		DHA Relação (olho/filé)	EPA Relação (olho/filé)
		EPA/DHA		
Atum	Olho	0,21	1,75	0,64
	Filé	0,58		
Bonito	Olho	0,40	1,59	0,75
	Filé	0,85		
Olho de Boi	Olho	0,79	1,56	4,41
	Filé	0,30		
Cavalinha	Olho	0,37	1,10	1,06
	Filé	0,38		
Sardinha	Olho	1,36	1,08	1,08
	Filé	1,35		
Serra	Olho	0,36	1,21	1,36
	Filé	0,32		

Fonte: VISENTAINER e colaboradores (2007)

Os ácidos graxos poliinsaturados, em especial o ácido eicosapentanóico (EPA) e o docosahexanóico (DHA), também são encontrados nos óleos de peixes e são considerados biologicamente ativos. Variam de espécies para espécies de peixes, especialmente entre os peixes considerados gordurosos e, como exemplo citamos o arenque, cavala e bacalhau – utilizados na produção de óleos, com a predominância de ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 3, e dos ácidos eicosapentanóico (C20:5, ω -3) e o docosahexaenóico, Tabela 52 (C22:6, ω -6) (SIMOPOULOS e colaboradores, 1986; PACHECO, 2005) .

Conclui Pescador (2006), que há benefício na ingestão de peixes na dieta com teores elevados de ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 3 o que evitaria a atuação enzimática das dessaturases.

Tabela 52 - Valores de lipídeos, EPA, DHA em algumas espécies de peixes

Espécie	Lipídeos(%)	EPA (%)	DHA (%)	g/100g
Pescada branca	0,9	5,6	15,4	0,18
Pescada foguete	4,5	7,22	27,93	1,58
Corvina	1,2	10,93	13,38	0,29
Atum bonito listrado	6,8	5,12	21,37	1,80
Atum (músculo roxo)	6,8	4,33	30,04	2,33
Sardinha	7,7	6,98	15,92	1,76
Sardinha (Músculo Roxo)	7,7	6,29	16,33	1,74
Goete	5,0	6,12	17,29	1,17

Fonte: PESCADOR (2006)

O potencial nutricional de peixes da região pantaneira do estado de Mato Grosso do Sul foi estudado por Ramos Filho e colaboradores (2008), que a partir da composição centesimal e o perfil de ácidos graxos do tecido muscular, concluíram que todas as espécies estudadas mostraram as relações entre ômega 6/ ômega 3 favoráveis para o consumo humano (Tabela 53) sendo que a relação Poliinsaturados/Saturados (P/S) no pacu, apresentou índice não recomendado.

Tabela 53 – Composição de ácidos graxos do tecido muscular do filé de peixes da região pantaneira no Mato Grosso do Sul-Brasil

Ácidos graxos	Cachara (g.100 g ⁻¹)	Pintado (g.100 g ⁻¹)	Pacu (g.100 g ⁻¹)	Dourado (g.100 g ⁻¹)
C12:0	0,00±0,00	0,00±0,00	0,46±0,08	0,01±0,00
C14:0	0,16±0,02	0,03±0,00	1,02±0,13	0,06±0,00
C14:1 ω -5	0,08±0,01	0,02±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00
C16:1 ω -7	0,50±0,02	0,13±0,01	0,94±0,06	0,14±0,00
C17:0	0,17±0,05	0,03±0,01	0,11±0,01	0,01±0,00
C18:0	0,76±0,06	0,20±0,02	1,750±0,11	0,14±0,00
C18:1 ω -9	2,30±0,11	0,54±0,04	6,64±0,22	0,37±0,01
C18:1 ω -7	0,38±0,00	0,10±0,02	0,640±0,03	0,07±0,00
C18:2 cis ω -6	0,53±0,07	0,11±0,02	0,47±0,08	0,11±0,00
C18:3 ω -3	0,41±0,10	0,05±0,00	0,13±0,03	0,06±0,00
C20:1 ω -9	0,15±0,02	0,05±0,01	0,24±0,01	0,03±0,00
C20:4 ω -6	0,20±0,02	0,08±0,00	0,26±0,01	0,05±0,01
C20:5 ω -3	0,06±0,01	0,03±0,00	0,02±0,00	0,02±0,00
C22:0	0,03±0,00	0,01±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
C22:1 ω -9	0,18±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
C22:6 ω -3	0,16±0,01	0,13±0,03	0,06±0,02	0,06±0,01
Σ saturados	3,09±0,08	0,77±0,04	6,93±0,23	0,61±0,02
Σ monoinsaturados	3,44±0,10	0,83±0,05	8,47±0,29	0,62±0,02
Σ poliinsaturados	1,35±0,12	0,40±0,06	0,93±0,13	0,30±0,02
Σ ω -6	0,73±0,07	0,19±0,03	0,73±0,09	0,16±0,01
Σ ω -3	0,62±0,10	0,20±0,04	0,20±0,05	0,14±0,02
P/S	0,44	0,52	0,13	0,49
ω -6/ ω -3	1,18	0,95	3,65	1,14

Fonte: RAMOS FILHO e colaboradores (2008) adaptada.

A carpa (*Cyprinus carpio*) foi analisada em estudo realizado por Druzian, Marchesi e Scamparini, 2007 que investigaram o efeito da alimentação, com dejetos suínos e ração, na composição e no perfil de ácidos graxos. Utilizou-se o tecido muscular de 24 carpas sendo 12 alimentadas com dejetos suínos e 12 carpas alimentadas com ração. As amostras foram obtidas no estado de Santa Catarina e analisadas por cromatografia gasosa e concluiu-se que as variações observadas nos valores dos lipídeos totais não refletiram no perfil de ácidos graxos e que independente da alimentação, a carpa não representa fonte significativa de ácido eicosapentaenóico e ácido docasaheptaenóico (Tabela 54).

Tabela 54- Valores obtidos (%) para as diferentes séries de ácidos graxos totais de carpas, de acordo com a dieta alimentar

Grupo de ácidos graxos	Dieta alimentar	
	Ração	Dejetos suínos
Saturados	33,09	32,55
Monoinsaturados	43,12	43,21
Poliinsaturados	23,03	22,20
Total dos ácidos graxos ω -3	11,36	10,76
Total dos ácidos graxos ω -6	6,35	4,43
ω -3/ ω -6	1,78	2,63

Fonte: Druzian, Marchesi e Scamparini, 2007

O efeito do beneficiamento do pescado foi motivo de pesquisa realizada por Oliveira e colaboradores (2008), que analisaram o peixe mandi (*Arius spixii*) de consumo popular no Estado de Alagoas. O mandi é um tipo de bagre pequeno e de baixo valor comercial, porém com grande aceitação pelo baixo preço. Seu consumo ocorre tanto após a pesca como após beneficiamento que consiste em evisceração, salga seca e secagem ao

sol, que poderia causar alterações em sua composição química. O sal passa a ser um forte oxidante das gorduras quando aquecido pela exposição ao sol que ativa a lipoxidade presente no músculo do pescado. Essa degradação afeta em especial os ácidos graxos poliinsaturados. O trabalho concluiu que o beneficiamento promoveu alterações, dentre outras, que consistiu na redução dos teores dos ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 como também a oxidação do colesterol (Tabela 55).

Tabela 55 - Ácidos graxos (% de área) do peixe mandim (*Arius spixii*) *in natura* e beneficiado

Ácidos graxos		Peixe mandim (<i>Arius spixii</i>)	
		<i>In natura</i>	Beneficiado
Caprótico	C6:0	0,38	1,12
Mirístico	C14:0	2,30	2,25
Pentadecanóico	C15:0	1,04	0,48
Esteárico	C18:0	10,40	9,43
Oléico	C18:1 ω9	16,72	17,60
Elaídico	C18:1 ω9	1,10	1,70
Linoléico	C18:2 ω6	2,55	1,62
γ-linolênico	C18:3 ω6	0,59	0,29
α-linolênico	C18:3 ω3	2,09	1,77
Eicosadienóico	C20:2 ω6	0,53	0,00
Eicosatrienóico	C20:3 ω3	0,98	0,67
Eicosapentaenóico	C20:5 ω3	1,57	1,88
Docosadienóico	C22:2 ω6	2,36	7,07
Docosahexanóico	C22:6 ω3	3,87	2,019
Σ monoinsaturados		26,34	27,69
Σ poliinsaturados		14,54	15,49
Σ ω3		8,51	6,51
Σ ω6		6,03	8,98
Relação ω6/ ω3		0,71:1	1,38:1
EPA/DHA		5,44	4,07

Legenda: EPA = ácido eicosapentaenóico; DHA = ácido docosahexaenóico

Fonte: OLIVEIRA e colaboradores (2008)

A influência da ingestão de sardinhas, considerada como um dos alimentos ricos em ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 3, na composição do leite materno, foi trabalho realizado por Patin e

colaboradores (2006), que concluíram ser o hábito alimentar com o consumo de 100 g da sardinha, contribuiu para o aumento dos ácidos graxos da série ômega 3 nas 31 nutrízes acompanhadas durante a lactação em hospital da cidade de Santos - SP, recomendando que, para manter esses níveis constantes, deve-se consumir peixes de água salgada de duas a três vezes por semana durante o período de lactação.

Entre as espécies marinhas de interesse biológico e comercial encontram-se membros da classe dos cefalópodes. Dentre eles o polvo comum, *Octopus vulgaris*, destaca pela facilidade adaptativa as condições de cativeiro e as altas taxas de crescimento, reprodução e elevado preço no mercado formal. Vasconcelos e Zapata, 2010, analisaram o comportamento sazonal dos ácidos graxos e do colesterol presentes na manta do polvo comum, capturado em Camocim – CE em períodos de abril a outubro. O óleo obtido da manta do polvo revelou-se como excelente fonte de ácido araquidônico, esteárico, oléico, linoléico e palmítico. Verificou-se também que os principais ácidos graxos e o colesterol do óleo de manta, variam sazonalmente e que a relação ômega 3/ômega 6 apresentou valores abaixo dos reportados pela literatura (Tabela 56).

Tabela 56 - Lipídeos totais e ácidos graxos (%) encontrados no óleo de manta de polvo (*Octopus vulgaris*) no período de abril a outubro

Componentes lipídicos	Abril	Junho	Outubro
Lipídeos totais (100 g de carne)	0,22±0,021	0,15±0,006	0,12±0,007
Total de saturados (AGS)	29,68	30,76	25,13
Total de monoinsaturados	14,99	7,50	10,91
Total de poliinsaturados (AGPI)	27,54	31,43	23,58
Relação AGPI/AGS	0,93	1,02	0,94
ω -3/ ω -6	0,11	0,28	0,06

Fonte: Vasconcelos e Zapata, 2010 – adaptada

Os moluscos bivalves de maior importância comercial consumidos em Maceió-AL foram analisados com o objetivo de detalhar a composição centesimal de ácidos graxos na sua fração lipídica, nas formas cruas e cozida visando contribuir para com os profissionais da área de saúde na orientação dietética. Foram analisadas amostras do sururu (*Mytella falcata*), o muçunim (*Anomalorcadia brasilia*) e o unha de velho (*Tagelus plebeus*). Com base nos resultados foi possível concluir que os moluscos crus apresentaram com uma boa fonte de ácidos graxos poliinsaturados, de ácido eicosapentaenóico, docosahexaenóico e araquidônico e que após cocção ocorreu redução significativa nos percentuais dos ácidos poliinsaturados linolênico, araquidônico, eicosapentaenóico e do ácido docosahexaenóico em todas as espécies. Por essas conclusões Lira e colaboradores, 2004 sugeriram que seria conveniente a adoção de novas formas de preparo com objetivo de evitar a presença dos ácidos graxos saturados, indesejáveis sob o ponto de vista nutricional (Tabela 57).

Tabela 57 – Perfil de ácidos graxos (%) de sururu, muçunim e unha de velho sob as formas cruas e cozidas em leite de coco

Ácidos graxos	Molusco					
	Cru			Cozido		
	Sururu	Muçunim	Unha de velho	Sururu	Muçunim	Unha de velho
Total de saturados	52,88	46,97	46,54	79,77	79,41	82,38
Total de monoinsaturados	17,33	13,21	22,70	7,69	7,74	9,54
Total de poliinsaturados	32,22	28,59	28,32	10,67	12,28	7,56
Poli / saturados	0,61	0,61	0,60	0,13	0,15	0,09
ω -3 / ω -6	2,41	2,10	1,80	1,05	1,09	0,98

Fonte: Lira e colaboradores, 2004 – adaptada

Em um raríssimo trabalho o perfil de ácidos graxos foi analisado em espécies de peixes troglóbias^(*) e troglófilas^(**). São espécies de peixes encontradas em cavernas que estimularam a curiosidade científica de pesquisadores da Universidade Federal de Lavras – MG.

Utilizando a mesma metodologia de peixes não cavernícolas Monteiro e colaboradores, 2009, estudaram duas espécies de peixes troglóbios a *Trichomycterus itacarambiensis* (pigmentado e albino) e o *Stygichthys typhlops* e uma espécie troglófila, a *Ituglanis spn* (todos indivíduos das espécies analisadas eram cegos).

A composição de lipídeos foi determinada por cromatografia a gás permitiu identificar trinta ácidos graxos. O ácido oléico (C18:1) teve uma concentração de 29,07% e o palmítico (C16:0) de 22,28% considerados os mais relevantes. O ácido araquidônico (C20:4) de grande importância fisiológica e nutricional para os peixes obteve apenas 0,02% de concentração.

Concluiu-se que os ácidos graxos apresentados para cada espécie foram influenciados pelas condições existentes nas cavernas: a temperatura da água, a alimentação diferenciada pela qualidade, quantidade e periodicidade e os fatores sazonais da região (Tabela 58).

(*) troglófilos = peixes que são encontrados em ambientes subterrâneos, porém podem completar seu ciclo de vida tanto no meio subterrâneo quanto fora dele;

(**) troglóbios = peixes com ciclo de vida restrito ao meio subterrâneo;

Tabela 58 – Composição dos ácidos graxos das espécies de peixes cavernícolas estudadas.

Ácidos graxos	<i>Ituglanis spn</i>	<i>Trichomycterus itacarambiensis</i> (pigmentado)	<i>Trichomycterus itacarambiensis</i> (albino)	<i>Stygichthys typhlops</i>
	%	%	%	%
Ácido palmítico (C16:0)	12,37	22,28	19,41	17,76
Ácido oléico (C18:1)	17,93	29,07	28,60	24,49
Ácido araquidônico (C20:4)	0,02	0,05	0,05	0,00
AGS	20,62	35,12	35,08	30,97
AGMI	20,70	34,62	33,01	30,47
AGPI	9,69	8,56	9,69	6,29
ω 6	5,69	5,82	6,63	4,93
ω 3	3,41	2,24	2,55	1,06
ω6/ω3	1,67	2,60	2,60	4,65

Legenda: AGS = ácidos graxos saturados; AGMI = ácidos graxos monoinsaturados; AGPI = ácidos graxos poliinsaturados.

Fonte: MONTEIRO e colaboradores, 2009 (adaptada)

4.0- Relação entre os ácidos graxos das séries ômega 6 /ômega 3 em dietas

4.1 – Evolução da dieta humana

A dieta alimentar, quanto ao consumo diário dos ácidos graxos das séries ômega 3 e ômega 6, tem sido tema de estudos por equipe de

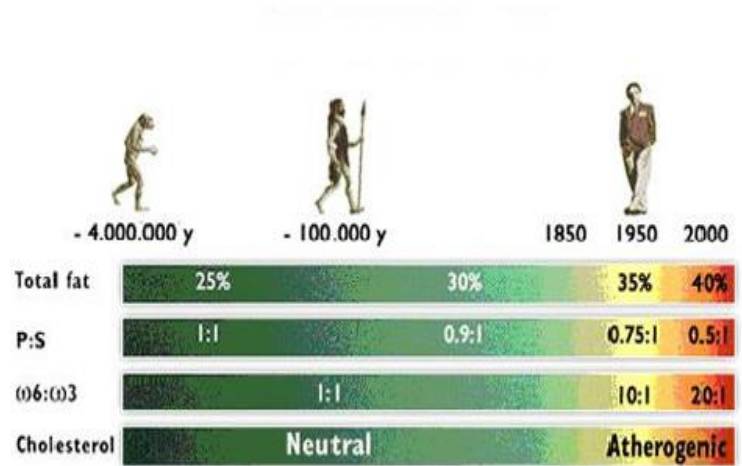
pesquisadores em todo o mundo e numerosos artigos e teses são publicadas a cada ano (SIMOPOULOS e colaboradores, 1999; GÓMEZ, 2003).

Diversas fontes de informação sugerem que os seres humanos evoluíram em uma dieta com uma proporção de ômega-6 e ômega-3, os ácidos graxos essenciais (EFA), de aproximadamente 1:1 enquanto que em dietas ocidentais a relação é 15:1-16.7:1 (SIMOPOULOS, 2002).

Na pré-história, que remota ao tempo do *Homo erectus* - 1,7 milhões de anos atrás, a alimentação era baseada na caça e pesca, frutos do mar, ovos, insetos,

frutas, nozes, sementes, legumes, cogumelos, ervas e especiarias, não havendo registro de consumo de cereais. O homem – *hominídeo*, do período Paleolítico (*pedra antiga*), tinha

Figura 17 – Evolução da dieta humana



Fonte: <http://www.benexia.com>

dietas ricas em frutas, porém os ancestrais mais próximos dependeram do peixe, dieta que contribuiu para a evolução mais rápida do cérebro que tem 60% da massa sólida constituída por lipídeos sendo mais comum os ácidos graxos poliinsaturados. Nas duas últimas décadas, através de ferramentas da biologia molecular, análise isotópica biogeoquímica, abordagem analítica dos sítios arqueológicos envolvendo o estudo de esqueletos (química óssea), dentes e conteúdo gastro-intestinal, pesquisas revelaram que somente há 10.000 anos, considerando a Revolução Agrícola e em especial após a Revolução Industrial - Século XVIII, o homem adaptou-se as dietas ricas em calorias (FAGUNDES, 2002; SIMOPOULOS, 2002).

Em uma revisão de artigos científicos sobre essa matéria Sabry (2010), aborda que, em virtude da alimentação a base de carnes, peixes e plantas estima-se que ingeriam gordura de animais com 4% de ácido graxo ômega 3 sob a forma de ácido eicosapentaenóico, com uma relação ômega 6/ômega 3 de aproximadamente 2:1, em detrimento da relação de 10:1 atual.

Também esclarece Simopoulos (2010), que uma série de estudos antropológicos nutricionais e genéticos indicam que a dieta humana em geral, incluindo o consumo e gasto de energia, mudou ao longo dos últimos 10.000 anos. As grandes mudanças ocorreram durante nos últimos 150 anos no tipo e na quantidade de gordura e de vitaminas C e E ingeridas pelo homem (Tabela 56 – Consumo estimado de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6 no período Paleolítico - g/dia), Tabela 59.

Tabela 59 - Consumo estimado de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6 no período Paleolítico - g/dia

Plantas	g/dia
LA	4,28
ALA	11,40
Animal	
AA (ω6)	1,81
EPA (ω3)	0,39
DTA (ω6)	0,12
DPA (ω3)	0,42
DHA (ω3)	0,27
Relação ω6/ω3	
LA/ALA	0,70
AA + DTA/EPA + DPA + DHA	1,79
Total ω6/ ω3	0,79

Legenda: LA = ácido linoléico; ALA = ácido linolênico; AA = ácido aracdônico; EPA = ácido eicosapentaenoico; DTA = ácido docosatetraenoico; DPA = ácido docosapentaenoico; DHA = ácido docosahexaenoico

Fonte: SIMOPOULOS, 2010 -adaptada

Há evidências científicas que quantidades excessivas de ácido graxos poliinsaturados ômega 6 eleva a relação omega 6/omega 3, como é encontrada em dietas ocidentais de hoje, sendo a promotora de patogênese de muitas doenças, incluindo doenças cardiovasculares, inflamatória e auto-imunes e câncer, enquanto que níveis elevados de ômega-3 PUFA reduz a relação omega-6/omega-3 baixa e exercem efeitos supressivos sobre esses estado patógenos (SIMOPOULOS e colaboradores, 1999; GÓMEZ, 2003).

Na prevenção secundária da doença cardiovascular, uma proporção de 4:1 foi associada com uma diminuição de 70% na mortalidade total. Uma proporção de 2,5:1 reduz a proliferação celular retal em pacientes com cancer de colo-retal, enquanto que uma proporção de 4:1 com a mesma quantidade de PUFA ômega-3, não prduziu nenhum efeito (SIMOPOULOS e colaboradores, 1999; GÓMEZ, 2003; RUSTAN and DREVO, 2005).

A menor proporção ômega 6/ômega 3 em mulheres com câncer de mama foi associado com um menor risco. Uma proporção de 2-3:1 suprime inflamação em pacientes com artrite reumatóide, e uma proporção de 5:1 teve um efeito benéfico sobre a pacientes com asma, ao passo que uma proporção de 10:1 teve consequências adversas (SIMOPOULOS e colaboradores, 1999; GÓMEZ, 2003).

Estes estudos indicam que a proporção ótima pode variar com a doença em causa. Isto é consistente com o fato de que as doenças crônicas são multigênica e multifatorial. Portanto, é bastante possível que a dose terapêutica de omega 3 dependerá do grau de severidade da doença resultante da predisposição genética. Uma menor proporção de ácidos

graxos ômega 6/ômega 3 é mais desejável para reduzir o risco de muitas das doenças crônicas de elevada prevalência nas sociedades Ocidentais. Estima-se que houve um declínio de aproximadamente 20% do nível encontrado em dietas de um século passado (FAGUNDES, 2002 e SIMOPOULOS, 2002).

Estudos recentes permitiram elaborar recomendações das quantidades adequadas destes ácidos em fórmulas/dieta infantil. Observa-se que as recomendações variam na proporção de ácidos graxos ômega 6/ômega 3, de 5:1 até 10:1, conforme Tabela 60.

Tabela 60 – Recomendações do consumo de ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 para adultos e recomendações adequadas numa fórmula/dieta infantil

	CA- adulto	CA – fórmula infantil
	gramas/dia	
Ácidos graxos	(dieta de 2.000 kcal)	% ácido graxo
Ácido linoléico	4,44 (limite superior: 6,67)	10,00
Ácido α -linolênico	2,22	1,50
Ácido araquidônico	-	0,50
DHA +EPA	0,65	-
DHA	Mínimo: 0,22	0,35
EPA	Mínimo: 0,22	Limite superior: <0,10

CA = Consumo adequado

Fonte: SIMOPOULOS e colaboradores, 1999; GÓMEZ, 2003

Sempre existiu equilíbrio entre a relação dos ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 pelos milhões de anos da história evolutiva do gênero Homo, e as alterações genéticas ocorreram em parte como resposta a estas influências das dietas. Estudos recentes realizados por Cordain, apud

Simopoulos (2002), em animais selvagens confirmam que durante a evolução humana, ácidos graxos ômega 3 foram encontrados em todos os alimentos consumidos: carnes, plantas silvestres, ovos, peixe, nozes e bagas. No entanto, rápidas mudanças na dieta em períodos curtos de tempo, como ocorreu nos últimos 100-150 anos é um fenômeno totalmente novo na evolução humana (Tabela 61).

Tabela 61 – Relação dos ácidos ômega 6 /ômega 3 e alguns populações

População	$\omega 6/ \omega 3$
Paleolítica	0,79
Grécia antes de 1960	1,00 – 2,00
Em vigor nos EEUU	16,74
Reino Unido e norte da Europa	15,00
Em vigor no Japão	4,00

Fonte: SIMOPOULOS (2002)

O metabolismo dos eicosanóides, a expressão genética e a comunicação intercelular são influenciados pelos ácidos graxos das séries ômega 6 e ômega 3 sendo diretamente proporcional a quantidade ingerida na dieta alimentar e, tendo em vista que atuam fisiologicamente de formas opostas interferindo na homeostase e no desenvolvimento do organismo, evidencia a importância para o ser humano e na prevenção de doenças, razão pela qual o balanço na proporção dos ácidos graxos ômega 6 (ω -6) e ômega 3 (ω -3) é objeto de investigações e estudos clínicos. A dose ótima ou a relação de ômega 6/ômega 3 varia de 1:1 a 4:1, dependendo da doença sob consideração (GÓMEZ, 2003; SIMOPOULOS, 2005).

4.2 – Resultados de pesquisa sobre as recomendações do consumo de ácidos graxos

No sistema cardiovascular os ácidos graxos da série ômega 3 produzem ações antitrombolítica, antiarrítmica, aumenta o tempo de sangramento por inibição de aderência das plaquetas nas artérias, previne a arteriosclerose, reduz o colesterol total, a fração VLDL, os triglicérides plasmáticos favorecendo a redução da pressão arterial (CASTRO-GONÇALEZ, 2002; DENARDI, 2007).

Tabela 62 – Recomendação de ácido graxo ômega 3 para homens e mulheres por faixa etária

Recomendação de ácido graxo ômega 3	
Idade (anos)	Ômega 3 (g/dia)
Homens	
9 a 13	1,2
14 a 18	1,6
19 a 30	1,6
31 a 50	1,6
50 a 70	1,6
> 70	1,6
Mulheres	
9 a 13	1,0
14 a 18	1,1
19 a 30	1,1
31 a 50	1,1
50 a 70	1,1
> 70	1,1

Fonte: DENARDI, 2007

Para os indivíduos que viveram antes do período da industrialização estima-se que a relação de consumo dos ácidos graxos era na razão de 1:1 a 1:2, na dieta em virtude da abundância dos vegetais e alimentos de origem marinha contendo elevados níveis de ácidos graxos da série ômega 3 e, com a industrialização, a inversão dessa razão ocorreu em virtude, principalmente, do consumo dos óleos refinados e a redução da ingestão de frutas e verduras (MARTIN e colaboradores, 2006).

A ingestão média de ácidos graxos em alguns países, Tabela 63, tem sido estimada em relações de ômega 6/ômega 3 variando de 10:1 a 20:1 ocorrendo registros de até 50:1 (MARTIN e colaboradores, 2006).

Tabela 63 - Valores recomendados para a razão entre os ácidos graxos das séries ômega 6 e ômega 3 em dietas.

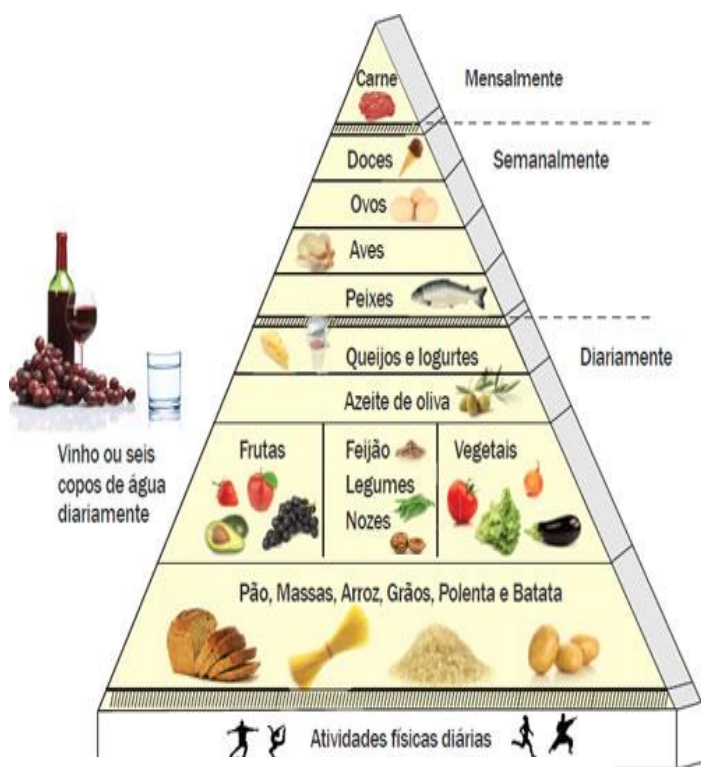
País ou instituição	ω -6/ ω -3	Referências
Canadá	4:1 - 10:1	SRC
EUA	2:1 - 3:1	Simoupolos
EUA	4:1	Schaefer
França	5:1	
Japão	2:1 - 4:1	
Suécia	5:1	NCM
WHO/FAO	5:1 - 10:1	WHO

Legenda: WHO = World Health Organization, FAO = Food and Agriculture Organization; SRC = Scientific Review Committee; NCM = Nordic Council of Ministers; ω -6 = omega 6; ω -3 = omega 3

Fonte: Martin e colaboradores, 2006

Não há consenso se maior aporte dietético de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 é causador do aumento do estresse oxidativo no organismo e suas conseqüências, bem como no aumento da incidência de arteriosclerose na população ocidental, onde é baixo o consumo de

Figura 18 - Dieta do Mediterrâneo



Fonte:

<http://1.bp.blogspot.com/s1600/piramide+mediterranea.jpg>

verduradas; feijões e outros alimentos vegetais ricos em proteínas; leite e derivados; carne e ovos; gorduras; açúcares e sal. Por outro lado Rustan and Drevon, 2005, aconselha o valores mínimos para a ingestão de ácidos graxos poliinsaturados essenciais que variam de 400-600 mg/dia⁻¹ de ômega 3 e de 2.400-7.200 mg/dia⁻¹ de ômega 6.

pescado. Atualmente, vários alimentos têm sido suplementados com ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 em diferentes dosagens com o objetivo de exploração comercial e alegação funcional (MONTEIRO, 2007). Ressaltamos que, segundo Sabry, 2010 uma dieta saudável deverá conter alimentos a base de cereais, tubérculos e raízes; legumes e

5.0 – PARTE EXPERIMENTAL

5.1 – Reagentes e solventes

Substância	Grau de pureza	Origem	Observações
Metanol	HPLC	Merck	Dados
Clorofórmio			
Água	Desionizada	Sistema de purificação Barnstead, E-pure	Purificada pela destilação e pela passagem por carvão ativado e resinas catiônica e aniônica
Sulfato de sódio	PA	A.C.S.	
Hidróxido de sódio 0,5N			Em Metanol
Reagente esterificante			Cloreto de amônia+metanol+ácido sulfúrico
Cloreto de sódio	99,60%		Solução saturada
Isooctano			

5.2 – Equipamentos

- Balões de fundo chato
- Bagueta
- Provetas
- Suporte universal
- Garras
- Funil de Buckner
- Kitasato
- Papel de filtro
- Funil de separação

- Funil de vidro
- Fracos e vials
- Placa de aquecimento com agitação da marca IKA[®], modelo C-MAG HS7
- Balança analítica para pesagem dos peixes da marca Sartorius, modelo TE-612 com tara até 610g e d = 0,01g
- Balança analítica para pesagem dos extratos da marca Sartorius, modelo TE 214S, tara de 0,01 a 210 g e d = 0,1 µg
- Bomba de vácuo da marca TECNAL, modelo TE-58, com capacidades de 0 – 760 mmHg e de 0 – 30 lbf/pol²
- Sistema cromatográfico: descrito no item 5.7 – Análise Cromatográfica

5.3 – Obtenção e preparo das amostras

As amostras de peixes foram obtidas em variados locais da cidade de Salvador - Bahia (13° 01' S e 38° 31' W).

As diferentes espécies de peixes foram obtidas nas Colônias de Pescadores do bairro do Rio Vermelho, do Largo da Mariquita, da Rampa do Mercado Modelo, em Salinas-Ilha de Itaparica e em uma loja da rede de supermercados Tabela 64.

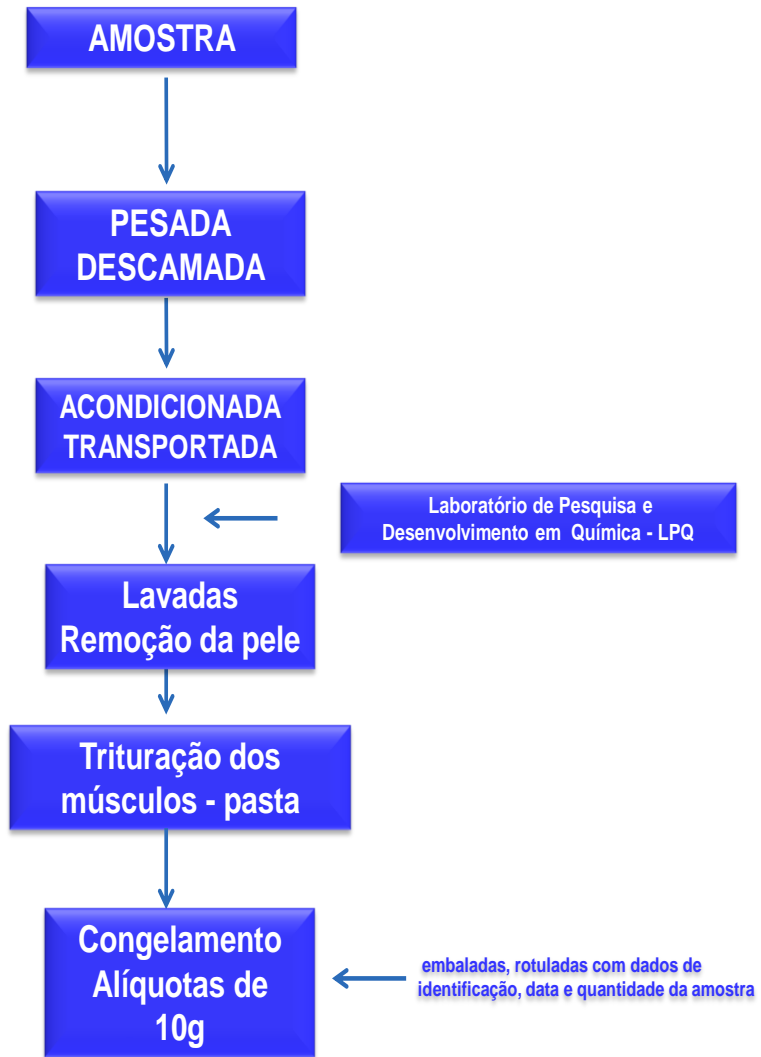
Tabela 64- Dados sobre as amostras de peixes

Espécie	Local de obtenção	Quantidade	Peso total (kg)
Ariacó	Colônia do Rio Vermelho	03 unidades	1,250
Arraia	Colônia Largo da Mariquita	Pedaços	0,720
Baiacu	Rampa do Mercado Modelo		
Guaricema	Colônia do Rio Vermelho	03 unidades	1,500
Rabo aberto	Colônia do Rio Vermelho	02 unidades	1,100
Robalo	Salinas das Margaridas	01 unidade	3,900
Salmão	Rede Supermercado	03 postas	0,300
Sardinha	Rampa do Mercado Modelo	18 unidades	0,500
Xaréu	Colônia Rio Vermelho	01 unidade	1,800
Xixarro	Rampa do Mercado Modelo	20 unidades	0,500

As amostras de peixe no local da coleta foram pesadas, descamadas, acondicionadas e transportada sem refrigeração para o Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Química – LPQ, do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia.

No LPQ foram lavados com água destilada para retirada do muco e impurezas. A pele foi removida totalmente bem como as espinhas e cartilagens evitando danos nas vísceras. Os músculos foram triturados pelo uso de um mini-processador de alimentos (Triton-Arno) até a formação de uma pasta uniforme. Esta pasta foi dividida em alíquotas de 10g, embaladas em sacos plásticos próprios para congelamento de alimentos, rotulados com dados de identificação da espécie de peixe, data da coleta e quantidade, em massa, total da amostra. Após essa etapa as amostras foram congeladas em freezer modelo doméstico até o momento da análise (Figura- 19).

Figura 19 – Fluxograma do preparo das amostras de peixe



As espécies de peixes analisadas neste trabalho:

- (i) Ariacó ou Vermelho-ariocó (*Lutjanus synagris*), Figura 20, é uma espécie marinha que ocorre da Carolina do Norte (EUA) até o Rio de Janeiro (BRA). O uiso é esverdeado e o abdômem rosado apresenta de 5 a 6 faixas longitudinais douradas. Atinge de 30 a 40 cm e alimenta-se de peixes, mariscos e crustáceos (NOMURA, 1984);



Figura 20 - Ariacó

- (ii) Arraia ou arraia-prego (*Dasyatis centroura*), Figura 21, é encontrada desde os EUA até a Argentina. Possui corpo rombóide com focinho, dorso marrom claro ou acinzentado com uma mancha pálida a frente dos olhos. Atinge até 2 metros de largura, 3 metro de comprimento e 300 kg de peso e a cauda é a sua maior arma de defesa. Alimenta-se de peixes, moluscos e crustáceos (SZPILMAN, 2000);



Figura 21 - Arraia

Fonte: http://vivaterra.org.br/raia_bicuda_11.2.jpg

- (iii) Baiacu ou peixe-bola (*Sphoeroides testudineus*), Figura 22, é um peixe comum na costa brasileira. São duas as famílias: Tetraodontidae e Diodontidae (que possui espículas recobrando o corpo) com mais de 150 espécies. São fáceis de identificar devido ao



Figura 22 - Baiacu

Fonte: <http://p2.trrsf.com.br/image/fget/rec.jpg>

comportamento de aumentar o volume corporal pela ingestão de ar ou água para evitar ação dos predadores. A tetrodotoxina é a principal neurotoxina encontrada na pele e vísceras do peixe (NETO, 2010; <http://www.cve.saude.sp.gov.br>);

- (iv) Guaricema ou xarelete [*Caranx chrysos* (Mitchill, 1815)],

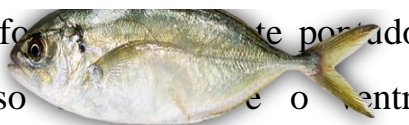
Figura 23, é uma espécie marinha que ocorre de Cape Cod (EUA) ao Rio de Janeiro (BRA) e também no oceano Pacífico. De corpo alongado

Figura 23 - Guaricema



Fonte: <http://www.pesqueirapioneira.com.br/Xarelete.png>

e comprimido lateralmente com forte pontado. De aparência metálica, o dorso é pardo e o ventre esbranquiçado com uma mancha no opérculo. Atinge 40 cm de comprimento e se alimenta de pequenos peixes (NOMURA, 1984 e SZPILMAN, 2000; LUQUE e ALVES, 2001).



- (v) Rabo-aberto (*Ocyurus chrysurus*) – Lutjanidae, Figura 24, é

uma espécie marinha que ocorre da Flórida (EUA) ao Rio de Janeiro (BRA). O dorso é pardo e o ventre róseo com uma faixa

Figura 24 - Rabo aberto



Fonte: <http://www.fishcompany.com.br/JPG>

dourada que se estende do focinho até a cauda. Atinge 70 cm. (NOMURA, 1984);

(vi) Robalo (*Centropomus parallelus*), Figura 25, é uma espécie marinha que se encontra da Flórida (EUA) até o Rio de Janeiro (BRA). A distinção

Figura 25 - Robalo

das espécies de *Centropomus* faz-se pela contagem de números de raios



existentes na nadadeira;

Fonte: <http://www.cem.ufpr.br/litoralnotacem/imagens/fauna/vertebra/peixes/robalo.png>

linha lateral. O dorso é esverdeado e o restante prateado com uma mancha do opérculo. Atinge 1,0 metro ou mais de comprimento e seu hábito alimentar inclui peixes (sem seleção de espécies), crustáceos, moluscos, ovos de peixes, insetos sendo classificado como peixe carnívoro (NOMURA, 1984; SZPILMAN, 2000 e BARROSO, 2002);

(vii) Salmão (*Salmo salar*), Figura 26, é um grande peixe da família Salmonidae que também inclui as trutas. É um peixe anádromo,

Figura 26 - Salmão

característica migratória, representada pelo



desenvolvime

Fonte: <http://www.pesqueirapioneira.com.br/wp-content/uploads/Salmaa-Coho.png>

nto do animal até a forma adulta no mar e a reprodução em rios. Possui uma cor avermelhada proveniente da presença e concentração da astaxantina originária do hábito de se alimentar com camarões. Próxima a época de procriação a sua

cor muda para esbranquiçada e a cabeça altera seu formato ficando mais alongada e com uma curvatura na mandíbula inferior (TONIAL. 2010; www.infoescola.com/peixe/salmaa);

- (viii) Sardinha ou sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), Figura 27, é uma espécie marinha de ocorrência em toda a costa atlântica da

Figura 27 - Sardinha



América do Sul e em todo litoral brasileiro. Possui

Fonte: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/12/sardinha.jpg>

corpo alongado, ventre arredondado com uma quilha mediana formada por escamas modificadas. Encontrada em grandes cardumes representa mais de 30% do total de peixes comercializados no Brasil e constituindo uma fonte barata de alimento (SZPILMAN, 2000; OETTERER, 2003);

- (ix) Xaréu (*Caranx hippos*), Figura 28, é uma espécie marinha de importância comercial. É encontrado nas regiões norte, nordeste, sudeste e sul do nosso país abrangendo do Amapá ao Rio Grande do Sul. De

Figura 28 - Xaréu



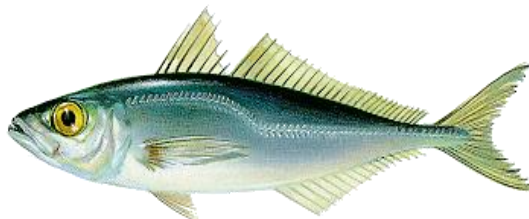
coloração azulada possui um corpo ovalado e comprido. Cabela volumosa e focinho arredondado.

Fonte: <http://www.cbpd.com.br/html/xareu.gif>

O ventre é amarelado, os flancos prateados com raias douradas. Consome pequenos peixes, camarões e invertebrados (LUQUE e ALVES, 2001; www.ambientes.ambientebrasil.com.br)

- (x) Xixarro ou carapau ou xumberga (*Carangoides crysos*), Figura 29, é um peixe marinho que ocorre em águas tropicais do Atlântico e em todo litoral brasileiro.

Figura 29 - Xixarro



Fonte: http://1.bp.blogspot.com/_juel.gif

Possui um corpo cinza azulado comprido lateralmente com uma pequena mancha na parte superior do opérculo. Mede aproximadamente 70 cm e peso de 8,0 kg. Alimenta-se de pequenos peixes, camarões e crustáceos (www.mares-oceanos.blogstop.com.br).

5.4 – Extração dos lipídeos nas amostras de peixes

Os lipídeos abrangem uma classe heterogênea de substâncias, associadas com sistemas vivos, que possuem como característica geral a insolubilidade em água e a solubilidade em solventes orgânicos apolares ou pouco polares. Muitos lipídeos possuem ácidos graxos como parte de suas misturas. Os óleos e as gorduras de origem animal são constituídos de quase 100% de lipídeos, sendo estes misturas de ácidos graxos na forma de triglicerídeos simples e mistos (VELOSO, 2005).

O método para extração dos lipídeos utilizado neste trabalho, foi o desenvolvido por Bligh&Dyer em 1959 (Figura 30). Este método é rápido, simples e aplicável a qualquer tipo de alimento. Envolve duas etapas e utiliza a mistura de três solventes, clorofórmio, metanol e água, que extrai tanto os lipídeos polares quanto os apolares. A extração é realizada em condições brandas, sem aquecimento e a pressão ambiente, o

que evita alterações devido a decomposições químicas (VELOSO, 2005; LOPES, 2007).

Na primeira etapa a amostra é misturada com os três solventes extratores, em proporções definidas, numa relação em volume de 1:1:2 ($\text{CHCl}_3/\text{H}_2\text{O}/\text{MeOH}$) para que formem uma só fase com a amostra. A mistura de solventes remove os lipídeos a partir das proteínas.

Nesta etapa deve se levar em consideração a proporção de água da amostra, já que deve ser respeitada a proporção volumétrica entre os solventes, para que estes possam coexistir em uma solução homogênea. Considerando-se que, em média, os músculos de peixe possuem uma alta quantidade de água (60-85%), foram colocados apenas 7,0mL de água na primeira fase de cada extração. Na segunda etapa, com a adição de mais clorofórmio e água, houve uma mudança na razão volumétrica dos solventes, passando para 2:2:2, fazendo com que ocorresse um separação de fases. Os lipídeos foram isolados na fase clorofórmica final.

A quantificação dos lipídeos totais foi realizada em duplicata/triplicata, pelo método de pesagem, após a completa evaporação do clorofórmio.

As amostras contendo 10g da pasta do músculo do peixe foram colocados em um balão de 150mL, com 20mL de metanol, 10mL de clorofórmio e 7mL de água. O balão foi vedado com uma rolha de vidro, e o seu conteúdo foi homogeneizado por 30 min sob agitação magnética.

Após este tempo, foi adicionado mais 10mL de clorofórmio e 10mL da solução de sulfato de sódio a 1,5% (p/v). A suspensão formada foi tampada e agitada por mais 2 minutos.

A suspensão foi submetida à filtração a vácuo, em papel Whatman 41. O filtrado foi transferido para um funil de separação, onde foi deixado separar, naturalmente, as fases clorofórmica e metanólica.

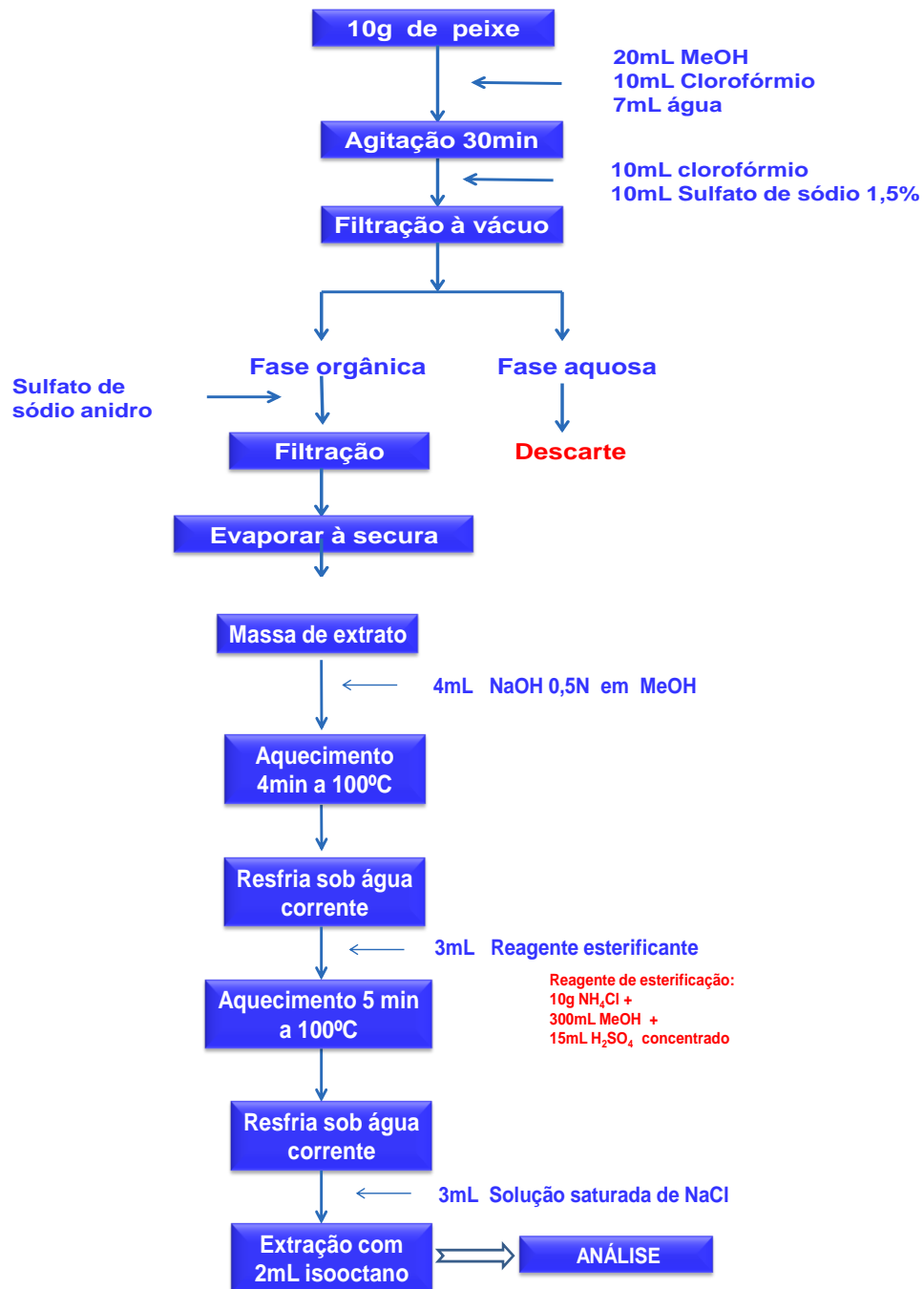
A fase inferior clorofórmica, contendo os lipídeos, foi recolhida em um erlenmeyer, e agitada com uma pequena quantidade sulfato de sódio anidro, até ficar límpida, e depois filtrada.

O extrato clorofórmio-lipídeos totais foi evaporado à secura, em frasco âmbar sob atmosfera de fluxo contínuo de nitrogênio, e posteriormente aplicou-se procedimento de esterificação que consistiu em adicionar 4mL de hidróxido de sódio $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ aquecendo por 4,0 minutos à fervura.

Em sequência resfriou-se em água corrente e adicionou-se 3 mL de reagente esterificante.

Aqueceu novamente por mais 5,0 min, resfriou-se em água corrente e adicionou-se 4,0 mL da solução de cloreto de sódio saturada e finalizou-se com extração por adição de 2,0 mL de isooctano.

Figura 30 – Fluxograma da extração dos lipídeos



5.5 – Padronização do método

5.5.1 - Curva de calibração

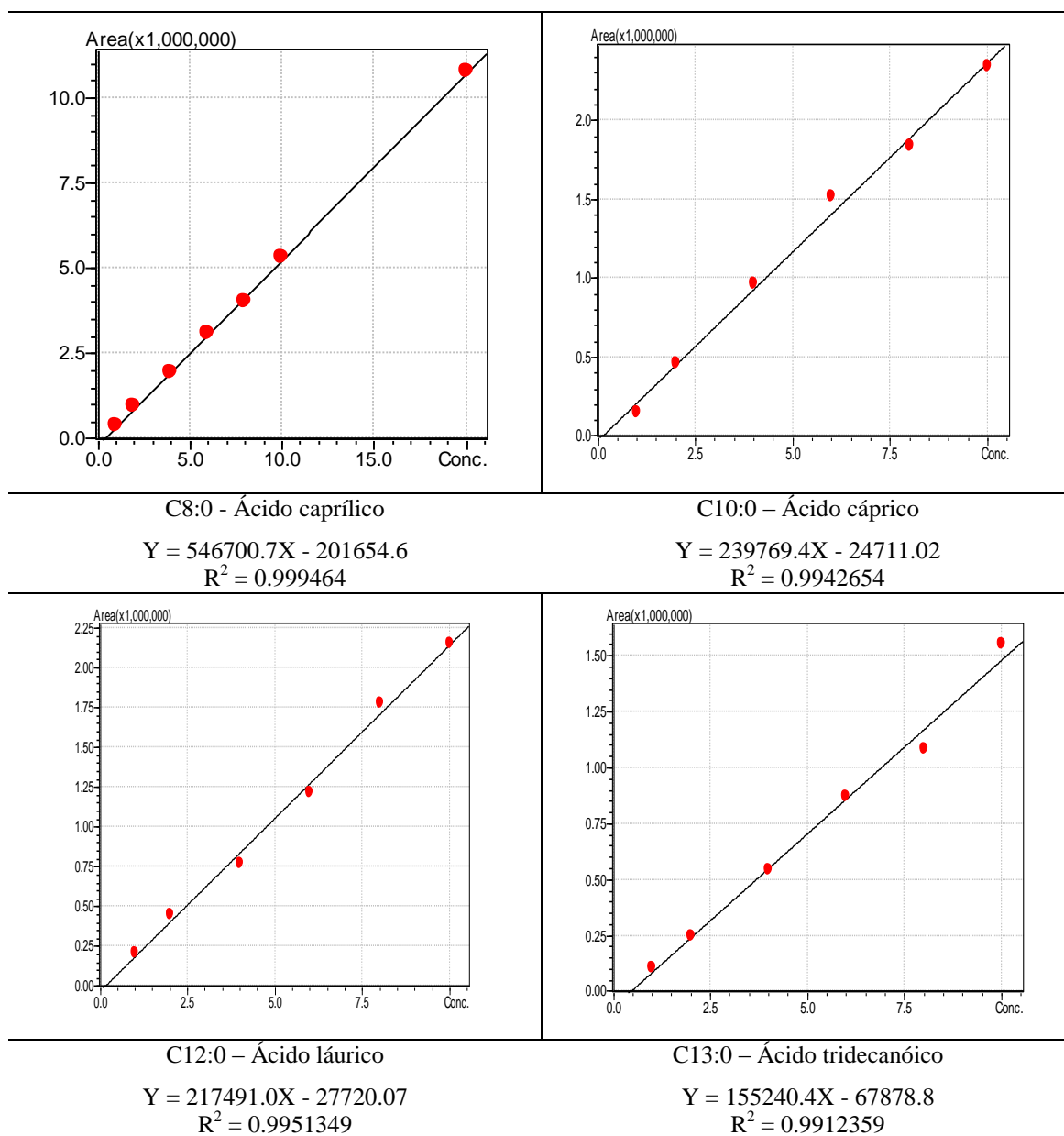
As soluções padrão contendo os ácidos graxos, Tabela 65, foram obtidas a partir de padrões certificados, adquiridos comercialmente, da marca SUPELCO *Analytical* (Philadelphia – USA) com Certificado de Análises para os Lotes LB63410 e LB81687 utilizados na padronização.

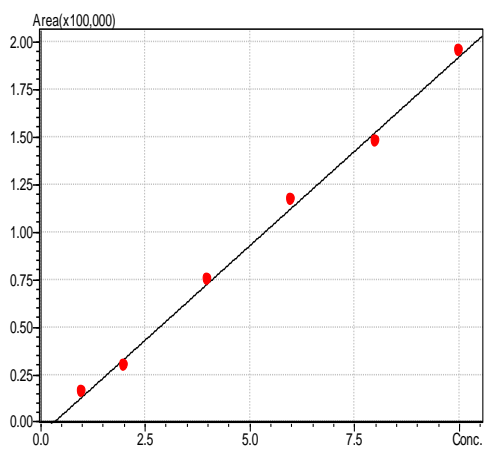
Tabela 65 – Relação dos padrões de ácidos graxos utilizados

Fórmula	Nome	Série/família
C8:0	Ácido Caprílico	
C10:0	Ácido Cáprico	
C12:0	Ácido Láurico	
C13:0	Ácido Tridecanóico	
C14:0	Ácido Mirícoléico	
C14:0	Ácido Mirístico	
C15:0	Ácido Pentadecanóico	
C18:3	Ácido α -linoléico	ω -3
C18:2	Ácido Linoléico	ω -6
C18:1	Ácido Oléico	
C18:1	Ácido Elaídico	
C18:0	Ácido Esteárico	
C20:5	Ácido Eicosapentaenóico	ω -3
C20:4	Ácido Araquidônico	ω -6
C20:1	Ácido Eicosaenóico	
C20:0	Ácido Araquídico	
C21:0	Ácido Heneicosaenóico	
C22:0	Ácido Behênico	
C22:1	Ácido Erúico	ω -9

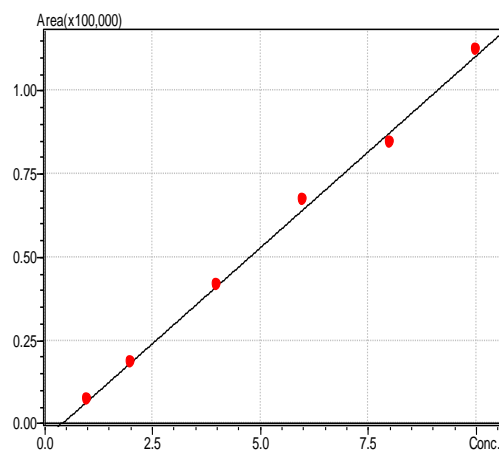
As curvas de calibração, nas faixas de concentração de 0,988 – 313,6 ppm, foram construídas com o auxílio do software do próprio equipamento (GCMS LabSolutions) e, também, no Microsoft Excel após exportação dos dados quantitativos das análises (área e altura de pico). O software do equipamento permite a interpolação entre curva de calibração e dados da amostra analisada e, deste modo, é possível a obtenção dos resultados, para cada um dos ácidos graxos estudados, diretamente em concentração na solução (extrato pré-concentrado), em mg/L^{-1} (Figura 31).

Figura 31 - Curvas de calibração dos ácidos graxos estudados

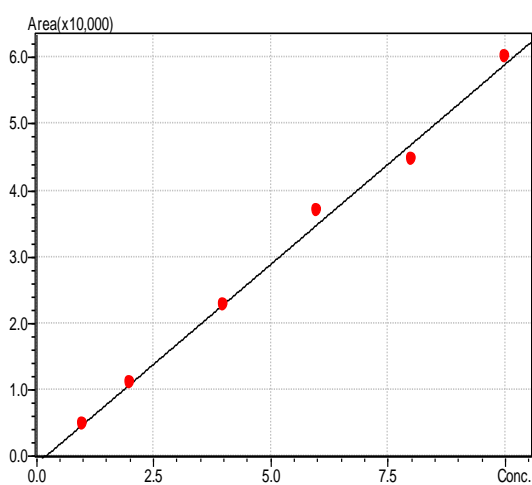




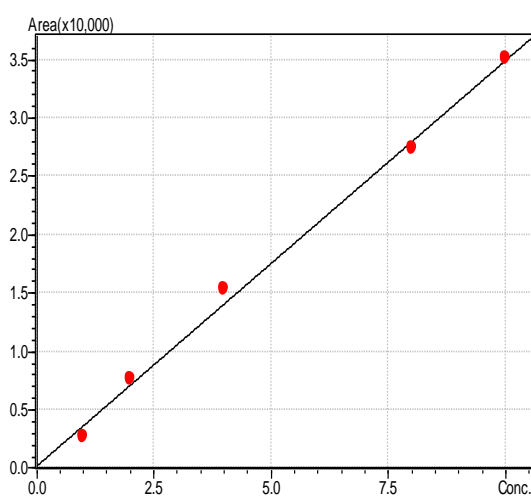
C14:0 – Ácido mirístico
 $Y = 19863.85X - 6213.448$
 $R^2 = 0.9970369$



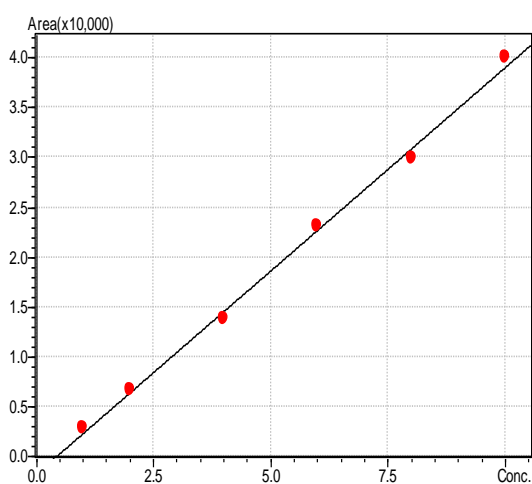
C15:0 – Ácido pentadecanóico
 $Y = 11533.71X - 4532.437$
 $R^2 = 0.9977573$



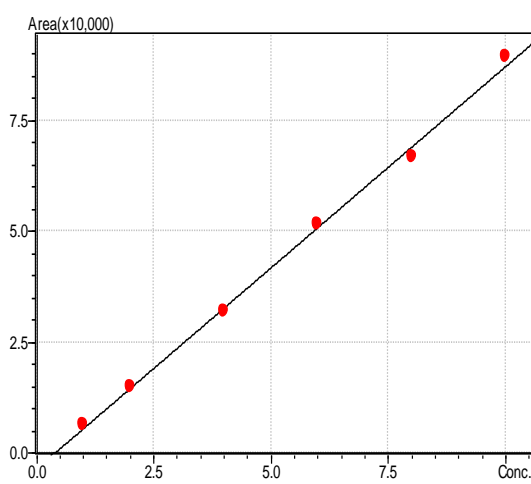
C18:2 – Ácido linoléico
 $Y = 6017.54X - 1045.289$
 $R^2 = 0.9956416$



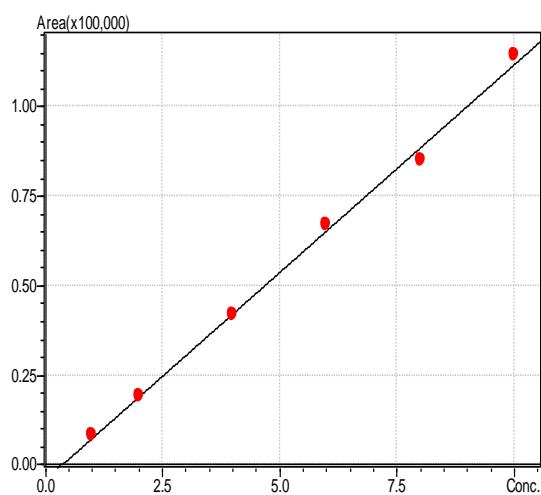
C18:3 – Ácido α -linolênico
 $Y = 3475.706X + 235.8056$
 $R^2 = 0.9957738$



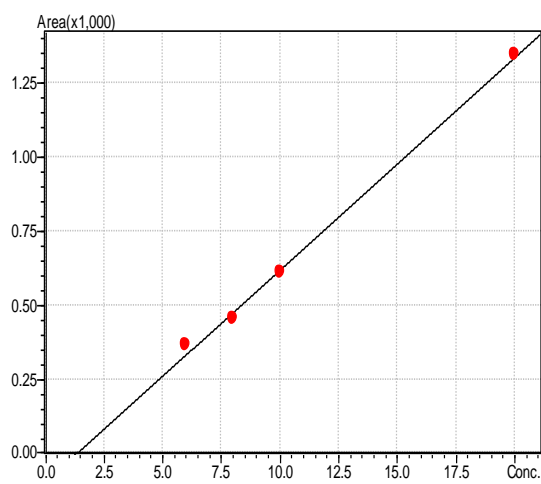
C18:1 – Ácido oleico
 $Y = 4071.694X - 1645.142$
 $R^2 = 0.9971127$



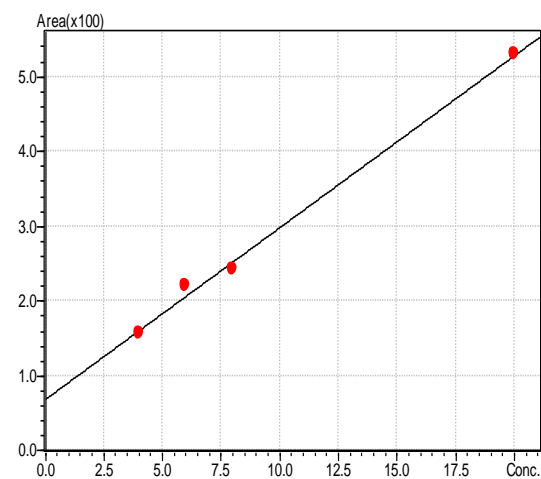
C18:1 – Ácido eláidico
 $Y = 9072.268X - 3310.994$
 $R^2 = 0.9976436$



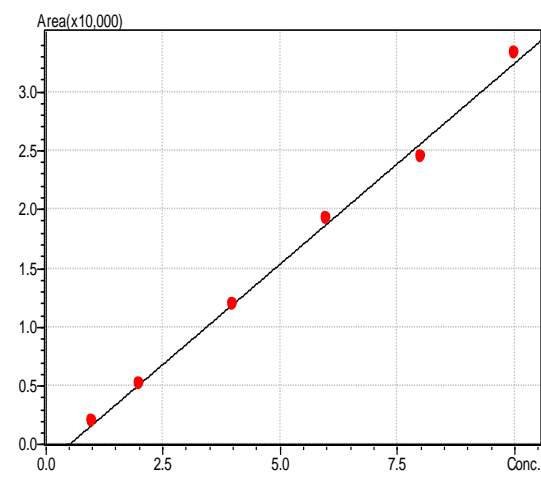
C18:0 – Ácido esteárico
 $Y = 11599.87X - 4024.533$
 $R^2 = 0.9974063$



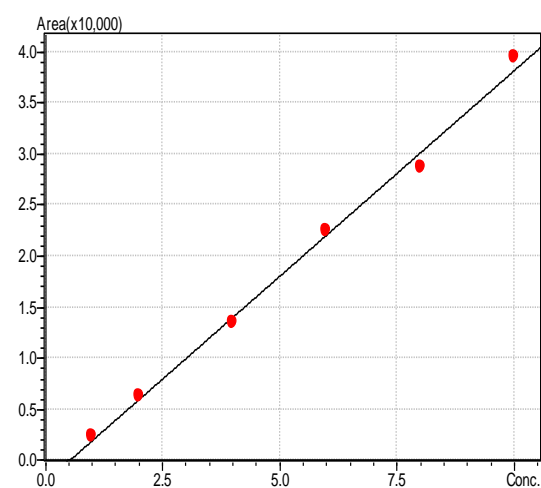
C20:4 – Ácido araquidónico – ω 6
 $Y = 71.56034X - 95.66379$
 $R^2 = 0.9972952$



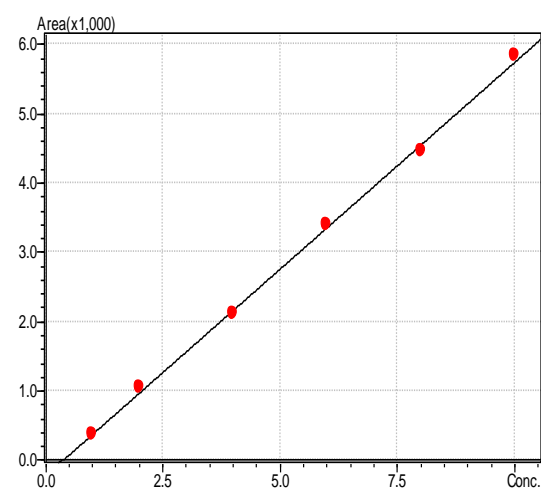
C20:5 – Eicosapentaenoico- ω 3
 $Y = 22.97312X + 69.50538$
 $R^2 = 0.9959771$



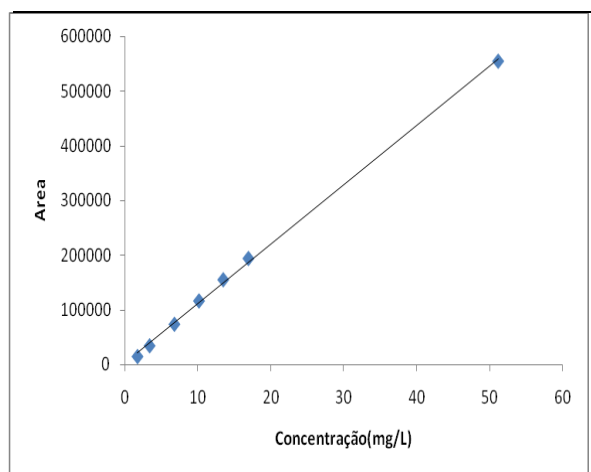
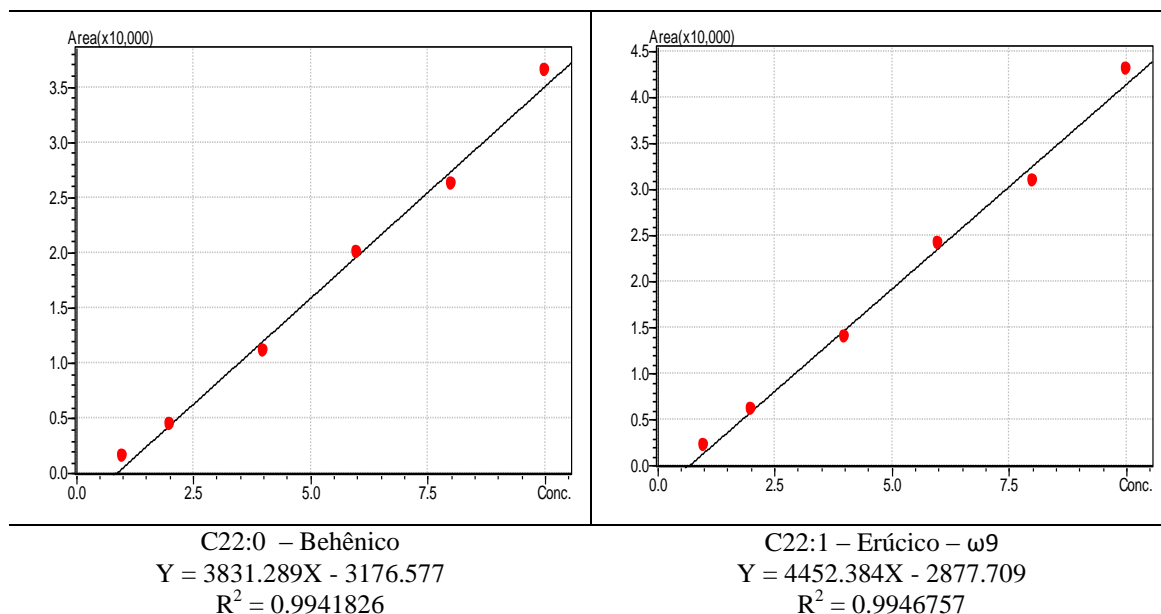
C20:1 – Eicosaenoico (Gondóico)
 $Y = 3412.489X - 1632.64$
 $R^2 = 0.9970109$



C20:0 – Araquídico
 $Y = 4027.218X - 2013.072$
 $R^2 = 0.9956908$



C21:0 - Heneicosaoenoico
 $Y = 596.5205X - 212.6895$
 $R^2 = 0.9988649$



C14:0 – Mirístico

$Y = 10853x + 3635,4$

$R^2 = 0.99900$

As faixas de linearidades das curvas analíticas foram determinadas avaliando-se a proporcionalidade entre a resposta do detector (altura do pico cromatográfico) e a concentração dos padrões de ácidos graxos. Foram usadas resposta em triplicatas para cada concentração. As curvas analíticas apresentaram boa linearidade. O Coeficiente de Determinação (R^2), de cada equação da reta, esteve acima de 0,990, possibilitando a quantificação dos compostos pelo método do padrão externo.

5.6 – Análises dos ácidos graxos

As análises foram feitas por CGAR-EM, num sistema da Shimadzu.

O gás de arraste (He) foi controlado eletronicamente, em uma velocidade linear de 40cm.s^{-1} . As injeções foram feitas em duplicatas, por meio de um injetor automático, controlado pelo software do aparelho, em uma razão de divisão da amostra de 1:100 (modo split), e o volume de injeção foi de $1\mu\text{L}$. As condições cromatográficas foram: temperatura inicial de $140\text{ }^\circ\text{C}$ e a temperatura do injetor em $250\text{ }^\circ\text{C}$.

A detecção foi feita em um detector de massas, utilizando a técnica de ionização por impacto de elétrons, com energia de 70eV , nas seguintes condições: corte do solvente em 4,0 minutos (tempo de não ionização); temperatura da linha de transferência: $280\text{ }^\circ\text{C}$; temperatura da fonte de íons a $250\text{ }^\circ\text{C}$; modo de aquisição scan.

A identificação dos ácidos graxos foi feita pelo uso em conjunto dos seguintes parâmetros: comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos da amostra com os de padrões autênticos; comparação entre os fragmentogramas destes com os de padrões autênticos e os das substâncias contidas na biblioteca US National Institute of Standards and Technology 147 (Nist 147).

5.7 – Análise cromatográfica

Os métodos cromatográficos, devido à grande versatilidade que permite o seu uso na purificação da amostra, pré-concentração, separação,

identificação e quantificação de constituintes químicos, é uma das técnicas mais utilizadas na análise de amostra 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 diversas matrizes a exemplo de peixes (LOPES, 2007).

O alto poder de resolução das colunas capilares de cromatografia à gás e a possibilidade de identificação e quantificação dos constituintes químicos por espectrometria de massas, além de outras vantagens como sensibilidade e eficiência, orientou a preferência, neste trabalho, pela análise de ácidos graxos usando a técnica de CG-EM.

5.7.1 - Coluna cromatográfica

Foi utilizada uma coluna capilar em sílica fundida para cromatografia gasosa de alta resolução (CGAR), com fase estacionária ligada do tipo 5%-difetil-95%-dimetil-polisiloxano, Elite-5 MS, 30 m (comprimento) x 0,25 mm (d.i.) x 0,25 µm (espessura do filme), ref. N° N9316282 (Perkin Elmer), especificada para análises por espectrometria de massas.

5.7.2 - Gases especiais

Foram utilizados os seguintes gases especiais:

- ✓ Hélio ultra-puro (UP), pureza mínima 99,999%, ref. 1046 (AGA), para as análises por cromatografia gasosa;

- ✓ Nitrogênio comercial, pureza mínima 99,99%, ref. 1066 (AGA), para pré-concentração dos extratos das amostras.

5.7.3 - Outros materiais

Outros materiais usados neste estudo:

- ✓ Frasco de amostra âmbar (vial), de 2,0 mL, com tampa de rosca de polipropileno vazada, septo de PTFE/silicone, ref. 27208U (Supelco);
- ✓ Frasco de amostra âmbar (vial), de 7,0 mL, com tampa sólida de rosca (resina fenólica) e septo de PTFE, ref. 27150U (Supelco);
- ✓ Frasco de amostra âmbar (vial), de 15,0 mL, com tampa sólida de rosca (resina fenólica) e septo de PTFE, ref. 27161 (Supelco);
- ✓ Tubo de amostra (glass insert), de 150 μ L, com mola de polietileno na base, para inserção em frasco de amostra de 2,0 mL, ref. 225260 (Wheaton).

As amostras foram analisadas no modo SIM (maior sensibilidade em relação ao modo SCAN), utilizando o íon base (100% de abundância relativa) e mais um íon de referência, com tolerância estabelecida em \pm 30%, para maior segurança na identificação.

Foi injetado 1,0 μ L de cada amostra, obtendo-se como resultado o cromatograma e os dados referentes a tempo de retenção, área e altura de pico a concentração de cada ácido graxo na solução analisada. O uso do software GCMS LabSolutions que opera o equipamento de CG-EM

(Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) para a construção da curva de calibração, apresenta a vantagem de obtenção dos resultados diretamente em concentração ($\mu\text{g/g}$).

As análises dos ácidos graxos foram realizadas em um sistema CG-EM modelo GCMS QP-2010 (Shimadzu), equipado com um amostrador automático modelo AOC-20i (Shimadzu), com capacidade para o processamento de até 12 amostras.

Foi utilizada uma coluna do tipo Elite-5MS (Perkin Elmer, USA) de 30 m x 0,25 mm de diâmetro interno x 0,25 μm de espessura de filme e as seguintes condições de análise: (i) injetor: 310 °C, modo de injeção: splitless, tempo de amostragem (sampling time): 0,8 minutos; (ii) forno: 70 °C (2 min) \rightarrow 200 °C (30 °C min^{-1}) \rightarrow 5min. \rightarrow 300 °C (5 °C min^{-1}) \rightarrow 1,67 min; (iii) temperatura da interface: 280 °C; (iv) temperatura da fonte de íons: 250 °C; (v) energia de impacto de elétrons: 70 eV , (Tabela 66).

Tabela 66 - Principais parâmetros cromatográficos.

Cromatografo:	
Modo de injeção:	splitless
Temperatura do injetor:	250 °C
Tempo de amostragem (sampling time):	0.80 min.
Modo de controle da vazão do gás de arraste (He):	velocidade linear (cm/s)
Velocidade linear (He):	40 cm.s-1
Vazão na coluna:	1,12 mL.min-1
Pressão:	110,9 kPa
Detector de massas:	
Modo de ionização:	IE (70 eV)
Faixa de unidades de massas:	74-354 u.m.a.
Temperatura da câmara de ionização:	250 °C
Temperatura da linha de transferência (coluna-detector):	280 °C
Corte do solvente:	4,0 min

5.8 – Dados das análises das amostras de peixes

Na análise quantitativa foi utilizado o íon principal para quantificação e um íon de referência para confirmação da identidade de cada um dos ácidos graxos. O limite de tolerância para todos os íons de referência foi estabelecido em 30%, ou seja, a abundância relativa (AR%) do íon presente na amostra deve ser igual à AR% do correspondente íon da substância padrão com uma tolerância de $\pm 30\%$.

A determinação de constituintes químicos em amostras complexas e em baixas concentrações exige o uso de técnicas analíticas capazes de idealmente separar, identificar e determinar quantidades cada vez menores de analitos com alto grau de precisão e exatidão. Isso hoje é possível pelo uso de equipamentos sofisticados, com amplos recursos computacionais.

Neste contexto, a otimização de experimentos é um recurso amplamente utilizado com o objetivo alcançar melhores resultados: menor tempo de análise, melhor seletividade, maior sensibilidade, menor custo e menor impacto para o ambiente em decorrência do uso de reagentes, insumos e métodos menos agressivos e em quantidades reduzidas (LOPES, 2007).

Para obter-se um bom método, com essa finalidade, geralmente é necessário a avaliação de vários parâmetros que interferem diretamente nos resultados, como por exemplo, o tipo e a espessura do filme da fase estacionária, o comprimento e diâmetro da coluna, a vazão do gás de arraste, a temperatura do injetor e a temperatura do forno onde está instalada a coluna cromatográfica.

Dentre esses, os fatores relacionados com a programação da temperatura do forno (aquecimento da coluna) são considerados os mais relevantes. A programação de temperatura do forno pode envolver diversos fatores como a temperatura inicial e final, a temperatura fixa no início, meio e final da análise e a velocidade de elevação de temperatura.

O principal desafio no desenvolvimento do método é avaliar todos esses fatores, empregando um número reduzido de experimentos e, ao mesmo tempo, obter-se o melhor resultado. Os planejamentos experimentais multivariados são recursos que permitem resolver de modo eficiente este tipo de problema.

Após a definição de que seria empregada a técnica de CG-EM, utilizando um equipamento com analisador do tipo quadrupolar (Shimadzu GCMS QP-2010), a etapa seguinte foi a escolha da coluna cromatográfica adequada ao tipo de análise. Para a separação de ácidos graxos geralmente são utilizadas colunas capilares de baixa polaridade que são disponíveis comercialmente, de vários fabricantes, marcas e especificações.

Na construção do método cromatográfico no modo SIM foi criada uma tabela, mediante a seleção de íons a serem monitorados. Para cada ácido graxo foi então selecionado o íon mais abundante (íon base) e mais um íon de referência para confirmação da identidade (com tolerância de 30%) da substância investigada. Como íon de referência foi escolhido um pico que representasse uma perda maior que 2 u.m.a., em relação ao íon base, com o objetivo de aumentar a segurança na confirmação da identidade.

Assim, o tempo total de análise foi dividido em 8 janelas de tempo que foram vinculadas a íons específicos, de acordo com os ácidos graxos a

serem analisados, conforme descrito na Tabela 67, no capítulo referente à parte experimental.

5.8.1 - Análise qualitativa e quantitativa

Depois de estabelecidos os parâmetros para uma boa separação cromatográfica, com a otimização do método no modo SCAN, a etapa seguinte foi a identificação de cada um dos ácidos graxos e o registro de seus respectivos espectros de massas, servindo de base para construção do método no modo SIM, mais adequado para análises quantitativas de concentrações em níveis de traços.

A identificação dos constituintes químicos foi realizada com base na comparação entre os espectros de massas dos ácidos graxos contidos na solução padrão com o banco de dados de espectros de massas (NIST 147), disponível no sistema CG-EM utilizado.

Tabela 67 – Íons de quantificação e qualificação dos ácidos graxos

Ácido graxo	Quantificação	Qualificação
C8:0 Caprílico	158	143
C10:0 Cáprico	186	143
C12:0 Láurico	214	143
C13:0 Tridecanóico	228	143
C14:1 Miristoléico	240	194
C14:0 Mirístico	242	199
C15:0 Pentadecanóico	256	241
C18:2 Linoléico ω-6	294	263
C18:3 α-linolênico ω-3	292	264
C18:1 Oléico	296	267
C18:1 Elaídico	296	264
C18:0 Esteárico	298	255
C20:4 Araquidônico ω-6	316	292
C20:5 Eicosapentaenóico ω-3	318	264
C20:1 Eicosaenóico	324	292
C20:0 Araquídico	326	311
C21:0 Heneicosaenóico	352	320
C22:0 Behênico	354	311
C22:1 Erúcido ω-9	354	311

5.9 – Resultados e discussão

A ANVISA recomenda um coeficiente de correlação igual ou superior a 0,99 e o INMETRO um valor acima de 0,90213. Neste trabalho, a linearidade do método foi estudada a partir das curvas analíticas de CG-EM, modo SIM, obtidas pela injeção em triplicata de 1,0 μL de solução padrão contendo os ácidos graxos, nas seguintes faixas de concentração: 1 a 10 ng mL^{-1} , 5 a 400 ng mL^{-1} e 50 a 2.000 ng mL^{-1} .

Tabela 68 – Curvas analíticas e R^2 dos padrões de ácidos graxos

Acido Graxo	Curvas	R^2	
C8:0	Caprílico	$Y = 546700,7x - 201654,6$	0,9995
C10:0	Cáprico	$Y = 161567x - 111393$	0,9995
C12:0	Láurico	$Y = 81361x - 82894$	0,9995
C13:0	Tridecanóico	$Y = 92661x - 12717$	0,9991
C14:0	Mirístico	$Y = 10853x + 3635,4$	0,9990
C14:1	Miristoléico	$Y = 19863,85x - 9213,448$	0,9970
C15:0	Pentadecanóico	$Y = 11513,71x - 4532,437$	0,9988
C18:3 ω -3	α -linolênico	$Y = 891,78x - 1142,4$	0,9992
C18:2 ω -6	Linoléico	$Y = 1113,3x - 1267,2$	0,9912
C18:1	Oléico	$Y = 383,27x - 785,04$	0,9996
C18:1	Elaídico	$Y = 6,175,4x + 281,59$	0,9990
C18:0	Estearico	$Y = 3204,7x - 3241,5$	0,9994
C20:5 ω -3	Eicosapentaenóico	$Y = 350,15x - 34,452$	0,9944
C20:4 ω -6	Araquidônico	$Y = 856,38x + 360,48$	0,9909
C20:1	Eicosaenóico	$Y = 3412,489x - 1632,64$	0,9970
C20:0	Araquídico	$Y = 4027,218x - 2013,075$	0,9957
C21:0	Heneicosaeenóico	$Y = 526,5205x - 212,6895$	0,9989
C22:0	Behênico	$Y = 3831,289x - 3176,577$	0,9942
C22:1 ω -9	Erúxico	$Y = 4452,384x - 2877,709$	0,9947

5.9.1 – Espectro de massa dos padrões de ácidos graxos utilizados

As condições cromatográficas foram estabelecidas a partir de procedimentos descritos na literatura, da experiência anterior do grupo de pesquisa do LPQ em análise de ácidos graxos por CG-EM45, considerando as especificações da coluna cromatográfica e por meio dos seguintes estudos experimentais:

(i) Planejamento multivariado para definição da programação da temperatura do forno / coluna; ii) Efeito da temperatura do injetor; iii) Efeito do tempo de amostragem (sampling time).

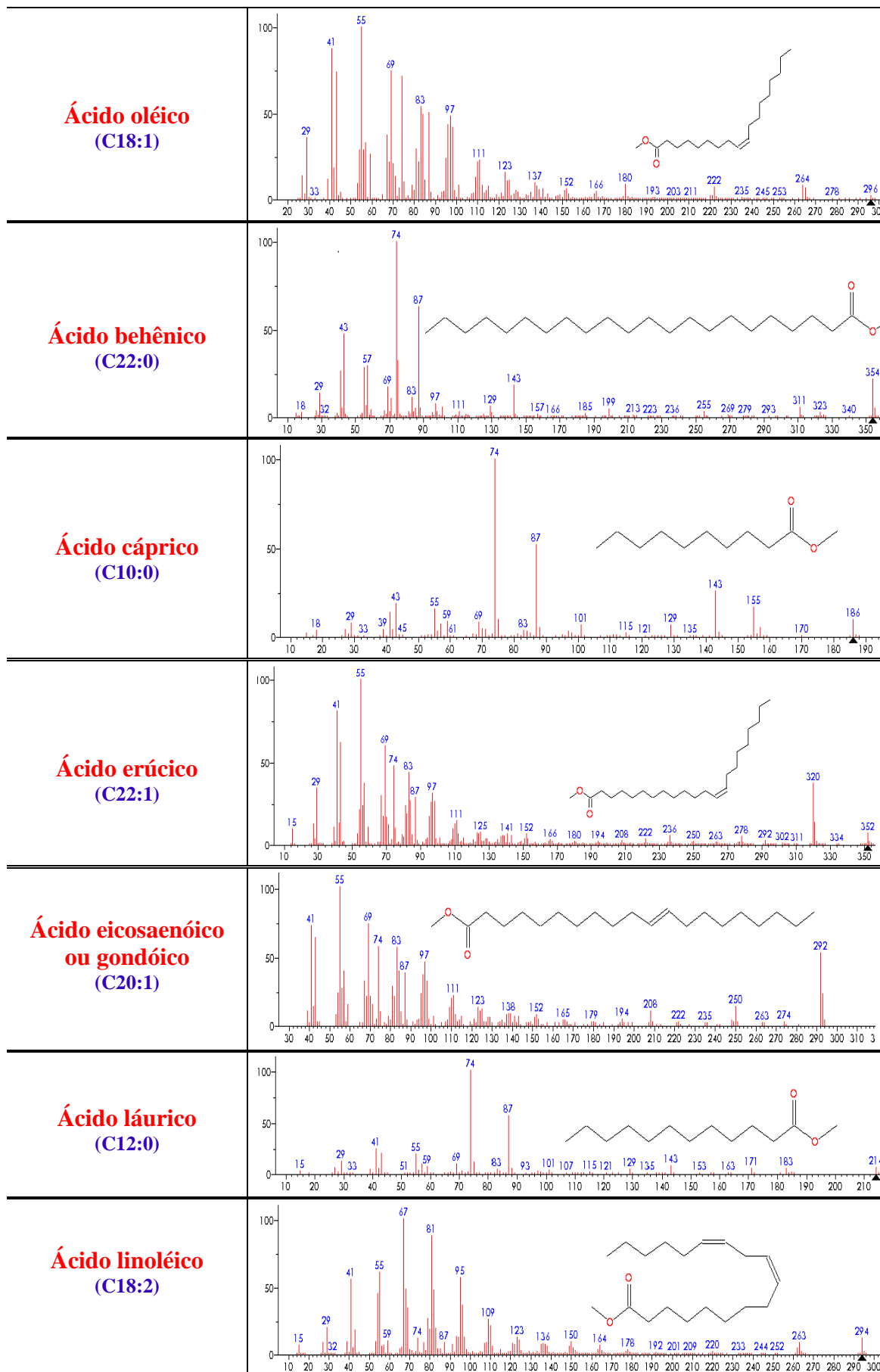
Depois de estabelecidos os parâmetros para uma boa separação cromatográfica, com a otimização do método no modo SCAN, a etapa seguinte foi a identificação de cada um dos ácidos graxos o registro de seus respectivos espectros de massas, servindo de base para construção do método no modo SIM, mais adequado para análises quantitativas de concentrações em níveis de traços.

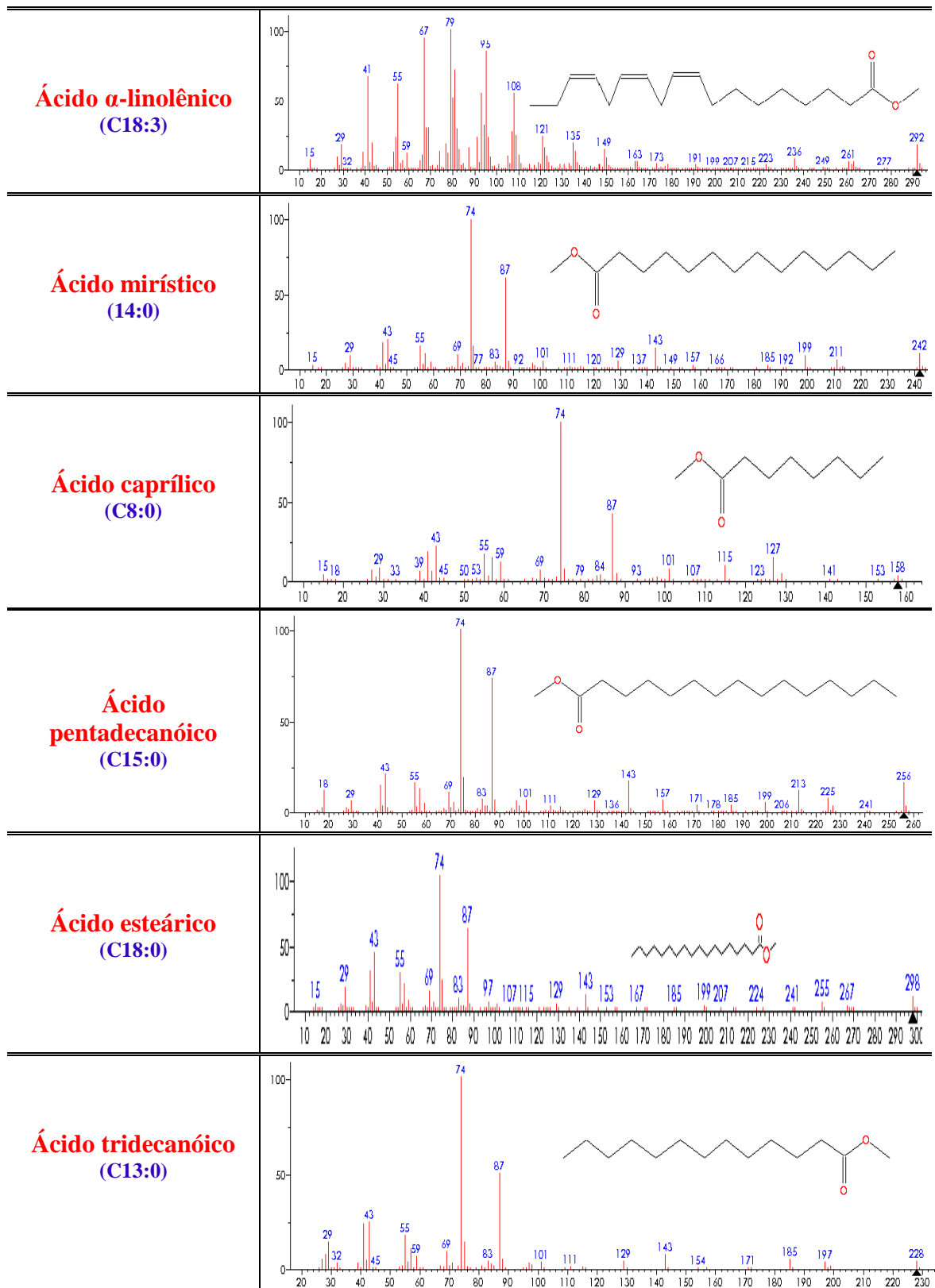
A identificação dos constituintes químicos foi realizada com base na comparação entre os espectros de massas dos ácidos graxos contidos na solução padrão com o banco de dados de espectros de massas (NIST 147), disponível no sistema CG-EM utilizado.

A identificação, também, foi realizada pela comparação dos tempos de retenção e ordem de eluição dos ácidos graxos com análises descritas na literatura em condições semelhantes.

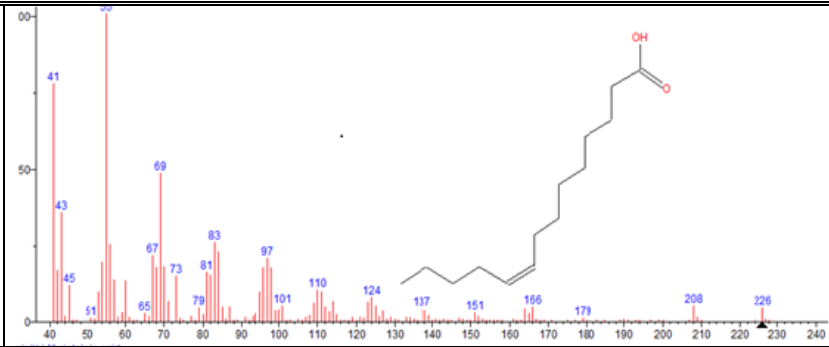
Na Figura 32 são mostrados os espectros de massas obtidos para cada um dos ácidos graxos presentes na solução padrão.

Figura 32 – Espectros dos padrões de ácidos graxos estudados

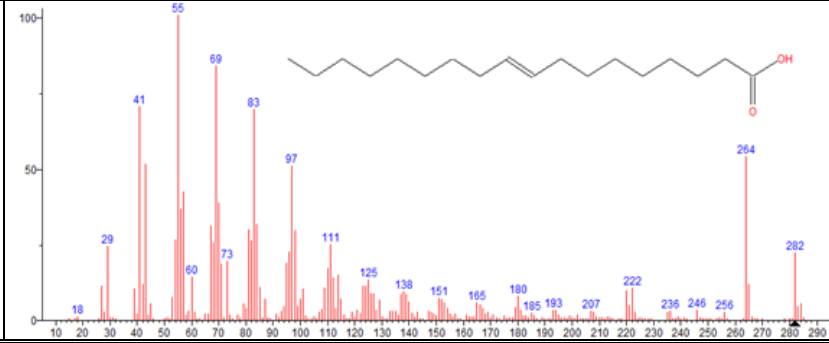




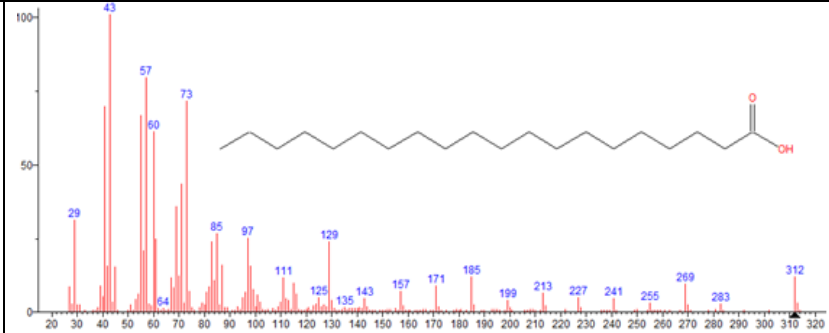
Ácido miristoléico
(C14:1)



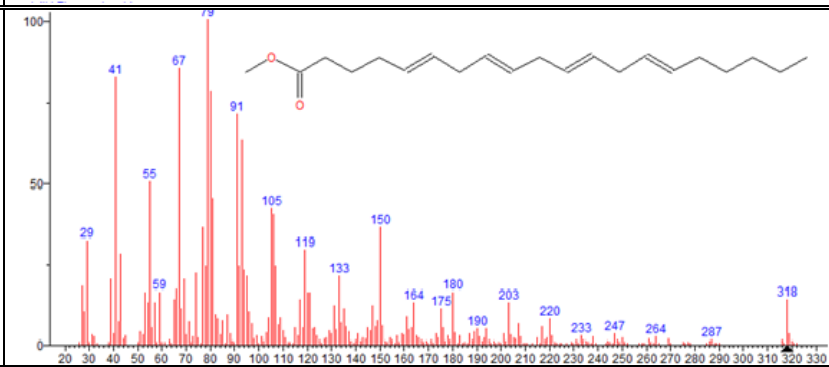
Ácido elaídico
(C18:1)



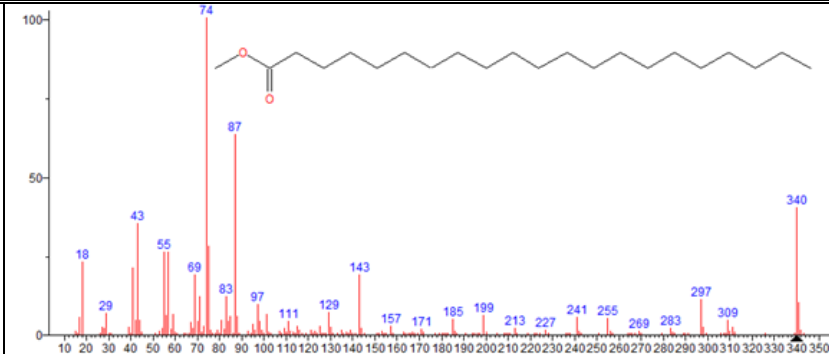
Ácido araquídico
(C20:0)



Ácido araquidônico
(C20:4)



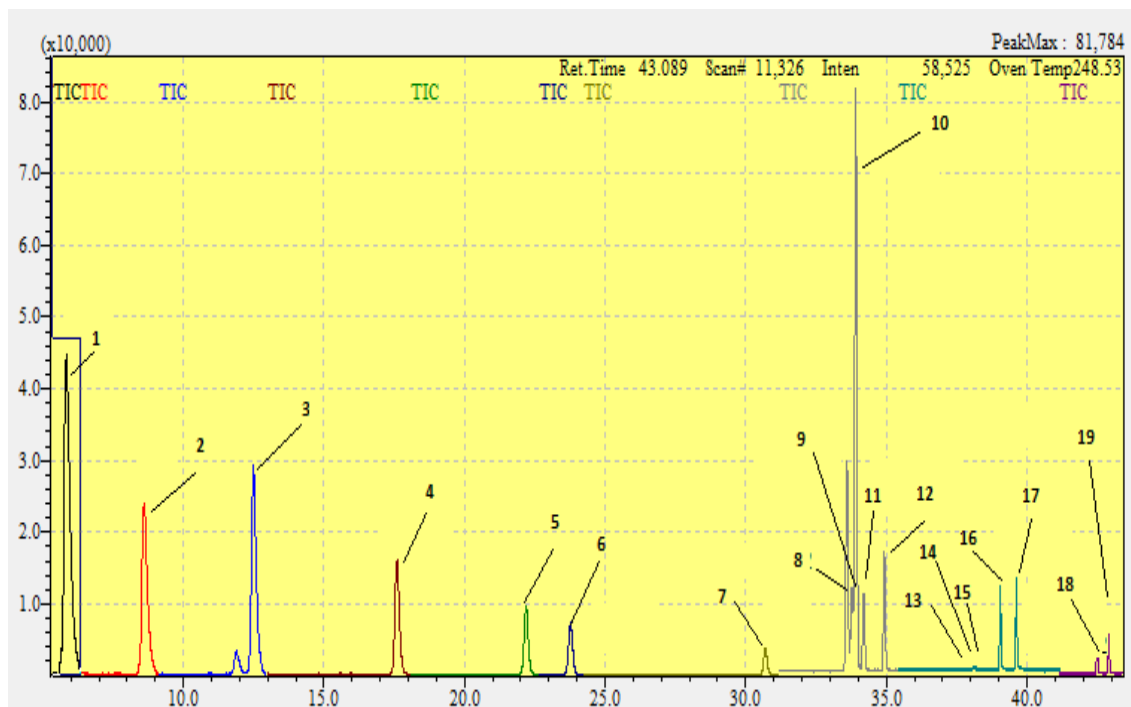
Ácido heneicosaeónico
(C21:0)



5.9.2 - Cromatogramas

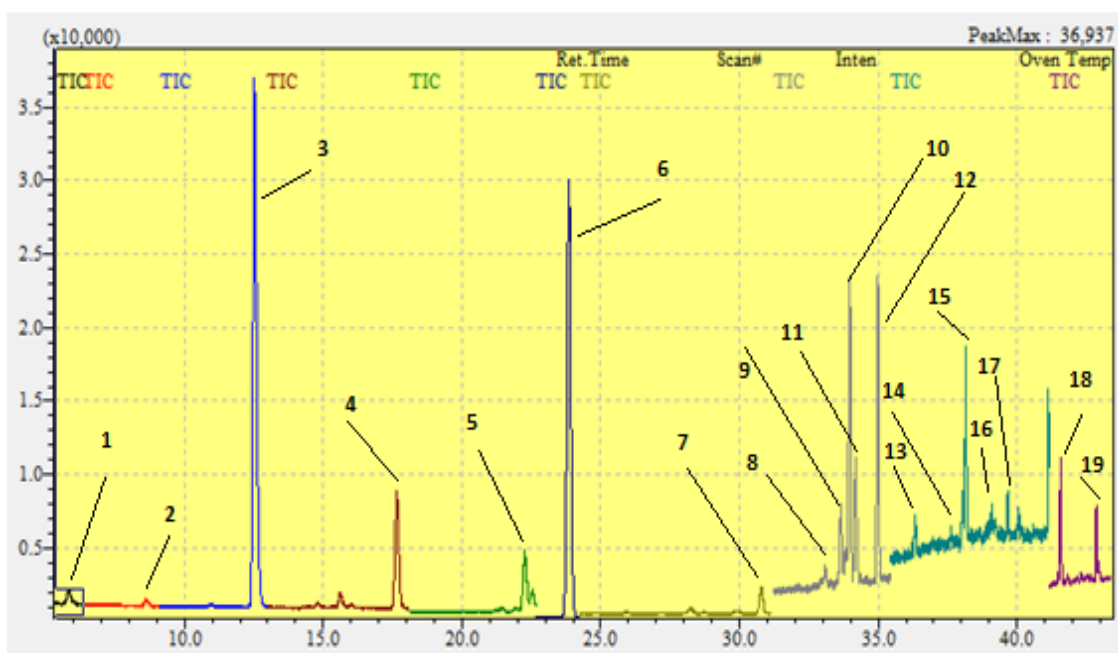
A seguir apresentamos cromatogramas obtidos para: (i) a solução padrão dos dezenove ácidos graxos utilizados na determinação do perfil em cada amostra de peixe, Figura 33, e (ii) o cromatograma da amostra que representa a espécie de peixe sardinha, pelos seus resultados (Figura 34).

Figura 33 - Cromatograma dos ácidos graxos – solução padrão (CG-EM/SCAN).



Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA), 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúico ω -9 (ERA).

Figura 34 - Cromatograma dos ácidos graxos no peixe sardinha (CG-EM/SCAN).



Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA), 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúcico ω -9 (ERA).

5.9.3 - Limites de detecção e quantificação

Os limites de detecção (LD), Equação 1 e quantificação (LQ) Equação 2, foram determinados pelo método baseado em parâmetros da curva de calibração, de acordo com as seguintes equações:

$$LD = 3,0 \times \frac{s}{a} \quad (\text{Equação 1})$$

$$LQ = 10,0 \times \frac{s}{a} \quad (\text{Equação 2})$$

onde:

s = desvio padrão do coeficiente linear da curva de calibração; e

a = Inclinação ou coeficiente angular da curva de calibração.

Para determinar os valores de LD e LQ foi construída uma curva de calibração em faixa de concentração próxima aos limites de detecção, de 1 a 10 ng mL⁻¹, com três injeções de 1 µL para cada concentração. As

análises de CG-EM foram feitas no modo SIM, utilizando as condições cromatográficas previamente otimizadas.

Tabela 69 - Limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) em $\mu\text{g.L}^{-1}$ dos ácidos graxos (solução padrão)

	Fórmula	Nome	LD (LIMITE DE DETECÇÃO)	LQ (LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO)
1	C8:0	Caprílico	0,29	0,97
2	C10:0	Cáprico	0,50	1,60
3	C12:0	Láurico	0,66	2,19
4	C13:0	Tridecanóico	0,98	1,60
5	C14:1	Miristoléico	0,89	1,60
6	C14:0	Mirístico	0,49	1,65
7	C15:0	Pentadecanóico	0,43	1,44
9	C18:2	Linoléico ω-6	2,00	3,40
8	C18:3	α-linolênico ω-3	1,82	6,06
10	C18:1	Oléico	3,49	10,0
11	C18:1	Elaídico	0,74	1,35
12	C18:0	Estearico	1,65	3,40
14	C20:4	Araquidônico ω-6	3,19	6,00
13	C20:5	Eicosapentaenóico ω-3	2,62	4,00
15	C20:1	Eicosaenóico	0,49	1,00
16	C20:0	Araquídico	0,59	1,00
17	C21:0	Heneicosaenóico	0,31	1,02
18	C22:0	Behênico	0,66	1,00
19	C22:1	Erúcido ω-9	070	1,00

A quase totalidade dos peixes estudados neste trabalho está entre os mais comercializados na Bahia. Foram adquiridos *in natura* em postas e inteiros sendo que a única amostra industrializada foi a do peixe salmão .

No tratamento para análise foi considerado apenas o músculo que é a parte principal do peixe usada para consumo e que, dependendo da espécie, pode apresentar sob a forma de músculo claro ou escuro como já referenciado.

Adotamos a mesma metodologia de tratamento para todas as amostras objetivando a redução da heterogenicidade, exceto para o peixe guaricema que também foi analisado sob a forma, exclusivamente, do músculo escuro.

Para demonstrar viabilidade da metodologia analítica desenvolvida, esta foi aplicada a cinco diferentes amostras de Sardinha (Tabela 70). A maioria dos desvios padrão observados estiveram abaixo de 10%, com exceção dos ácidos graxos linoléico, oléico e esteárico que apresentaram, respectivamente, desvios da ordem de 11%, 15% e 37%.

Tabela 70 – Cálculo da media e desvio padrão em cinco amostras de Sardinha

Acido graxo	Conc(ug/g)	Conc(ug/g)	Conc(ug/g)	Conc(ug/g)	Conc(ug/g)	MEDIA	Desvio padrao
C9	0,0732	0,0731	0,073	0,073	0,0729	0,0732	0,000217808
C11	0,1443	0,1438	0,147	0,147	0,1452	0,1454	0,001435964
C13	0,3885	0,3863	0,534	0,566	0,5061	0,4761	0,083734311
C14	0,0640	0,0697	0,093	0,097	0,0838	0,0815	0,014402231
C15	0,0855	0,0860	0,100	0,101	0,0982	0,0942	0,007730912
C15	15,0919	20,2618	25,785	26,589	22,1219	21,9699	4,640488654
C16	0,5353	0,7507	0,954	0,938	0,7106	0,7778	0,173873812
C19	37,8460	41,9052	66,013	52,465	57,5435	51,1545	11,4670155
C19	5,8533	6,9273	10,280	9,785	8,6883	8,3066	1,880465063
C19	76,5703	82,8794	109,392	78,652	103,9266	90,2841	15,24315827
C19	2,0643	2,7533	3,588	3,650	2,8894	2,9890	0,655114703
C19	114,1689	169,2227	206,736	199,785	150,5940	168,1013	37,79205597
C21	7,3543	9,5278	12,076	14,176	10,7588	10,7786	2,574788932
C21	1,9906	2,2352	3,484	4,232	3,2756	3,0434	0,924919794
C21	0,4669	0,5904	0,732	0,093	0,5522	0,4868	0,23992806
C21	5,0423	9,1018	11,063	0,104	6,8643	6,4351	4,205125338
C22	0,0000	0,1680	0,166	0,169	0,1695	0,1345	0,075201061
C23	3,5418	6,7307	8,094	7,490	4,5425	6,0797	1,953907324

5.9.4– Aplicação do método aos peixes estudados

Os avanços tecnológicos e metodológicos dos últimos anos e a busca de maiores e melhores conhecimentos sobre os lipídeos, em especial os ácidos graxos, permitiram relações interdisciplinares entre profissionais de diversas áreas da ciência que tem contribuído na associação entre estrutura dos ácidos graxos e seus efeitos biológicos. Em virtude dessa associação tornou-se importante sob o olhar químico e bioquímico (VISENTAINER, 2007) .

A Tabela 71 apresenta as médias dos resultados das análises das amostras dos peixes, a somatória dos resultados dos ácidos graxos das séries ômega 6 e 3 e a relação entre os ácidos graxos da série ômega 6 ($\omega 6$) e os ácidos da série ômega 3 ($\omega 3$).

Para melhor visualização tanto nos Gráficos como nos resultados da análise estatística optamos, para este estudo, na elaboração de uma tabela

Tabela 71 – Perfil de ácidos graxos (média dos resultados) nas amostras dos peixes analisados (ug/g) e a relação ω -6/ ω -3

Acido graxo	Ariacó	Arraia	Baiacu	Guaricema 1	Guaricema 2	Guaricema- M	Rabo aberto	Robalo	Salmão	Sardinha	Xareu	Xixarro
Caprílico	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	8,4	0,1	0,1	36,5	0,1	0,1	0,1
Cáprico	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	23,5	5,8	0,1	70,7	0,1	0,1	0,2
Láurico	0,5	0,2	0,2	0,3	41,0	51,0	24,7	0,4	141,6	0,5	0,4	20,8
Tridecanóico	0,1	0,0	0,0	0,0	5,6	7,0	2,3	0,1	16,9	0,1	0,1	3,0
Miristoléico	0,2	0,1	0,1	0,2	10,0	15,4	0,1	0,1	42,1	0,1	0,1	18,8
Mirístico	10,4	4,9	4,5	5,2	70,5	31,3	13,7	11,4	1850,7	22,0	15,7	51,4
Pentadecanóico	0,5	0,2	0,2	0,3	18,2	39,6	4,4	0,7	66,0	0,8	0,8	14,0
Linoléico ω -6	18,7	58,4	10,5	16,0	191,2	790,3	75,7	39,0	98903,7	51,2	71,4	67,0
α -linolênico ω -3	1,8	0,9	1,3	2,9	97,4	336,8	24,1	2,5	4783,2	8,3	5,1	80,7
Oléico	224,4	112,5	83,6	62,5	1092,2	3008,0	453,0	252,7	127197,3	90,3	291,2	438,9
Elaídico	2,0	1,0	0,9	2,1	30,0	113,0	2,3	3,6	649,0	3,0	3,3	9,9
Esteárico	116,0	66,9	85,1	88,8	709,1	62,6	251,9	157,0	20059,5	168,1	241,7	588,1
Araquidônico ω -6	0,4	0,0	0,1	0,6	74,2	113,9	0,4	0,5	197,4	3,0	1,1	8,2
Eicosapentaenóico ω -3	8,3	12,6	10,4	3,4	47,0	133,0	10,8	16,0	372,0	10,8	24,5	33,9
Eicosaenóico	0,9	0,4	0,3	0,3	23,9	20,8	6,6	0,8	608,5	0,5	0,9	30,1
Araquídico	3,2	0,8	1,2	1,4	43,8	55,8	16,3	4,2	1096,4	6,4	4,5	44,7
Heneicosaenóico	0,0	0,0	5,9	0,0	30,1	0,0	0,0	0,0	346,1	0,0	0,0	4,7
Behênico	0,3	0,2	0,2	0,1	6,5	34,4	3,8	0,1	122,8	0,1	0,2	0,5
Erúcico ω -9	1,2	0,5	0,6	1,0	33,6	198,8	272,6	5,6	501,4	6,1	5,1	42,0
Σ ω -6	19,1	58,4	10,6	16,6	265,3	904,2	76,0	39,5	99101,1	54,2	72,4	75,2
Σ ω -3	10,7	13,5	11,6	6,3	114,4	470,0	34,9	18,4	5155,2	19,1	29,6	114,6
ω -6/ ω -3	1,9	4,3	0,9	2,6	2,3	1,9	2,2	2,1	19,2	2,8	2,4	0,6

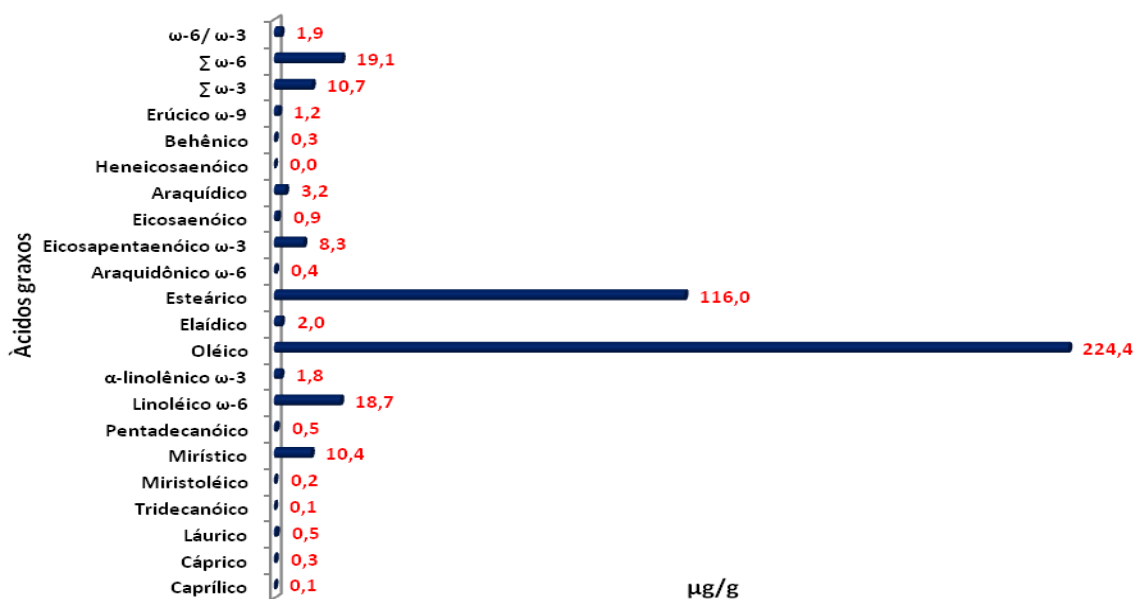
5.10 – Tabulação dos resultados por espécie de peixe estudado

5.10.1 – Ariacó

As maiores concentrações encontradas foram para o ácido graxo oléico (224,4 $\mu\text{g/g}$) ; esteárico (116,0 $\mu\text{g/g}$) e mirístico (10,4 $\mu\text{g/g}$) sendo que para os ácidos graxos das séries ômega os resultados foram: α -linolênico (1,8 $\mu\text{g/g}$); araquidônico (0,4 $\mu\text{g/g}$); eicosapentaenóico (8,3 $\mu\text{g/g}$); erúcico (1,2 $\mu\text{g/g}$) e linoléico (18,7 $\mu\text{g/g}$).

Os menores valores foram observados para os ácidos graxos caprílico e tridecanóico com 0,1 $\mu\text{g/g}$, cáprico e behênico com 0,3 $\mu\text{g/g}$ e sendo que a soma total de ácidos graxos da série ômega 6 foi de 19,1 $\mu\text{g/g}$ e para os ômega 3 foi de 10,7 $\mu\text{g/g}$ estabelecendo uma relação $\omega 6/\omega 3$ no valor de 1,9. O ácido heneicosaenóico não foi detectado (Gráfico 01).

Gráfico 01- Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe ariacó, médias em $\mu\text{g/g}$

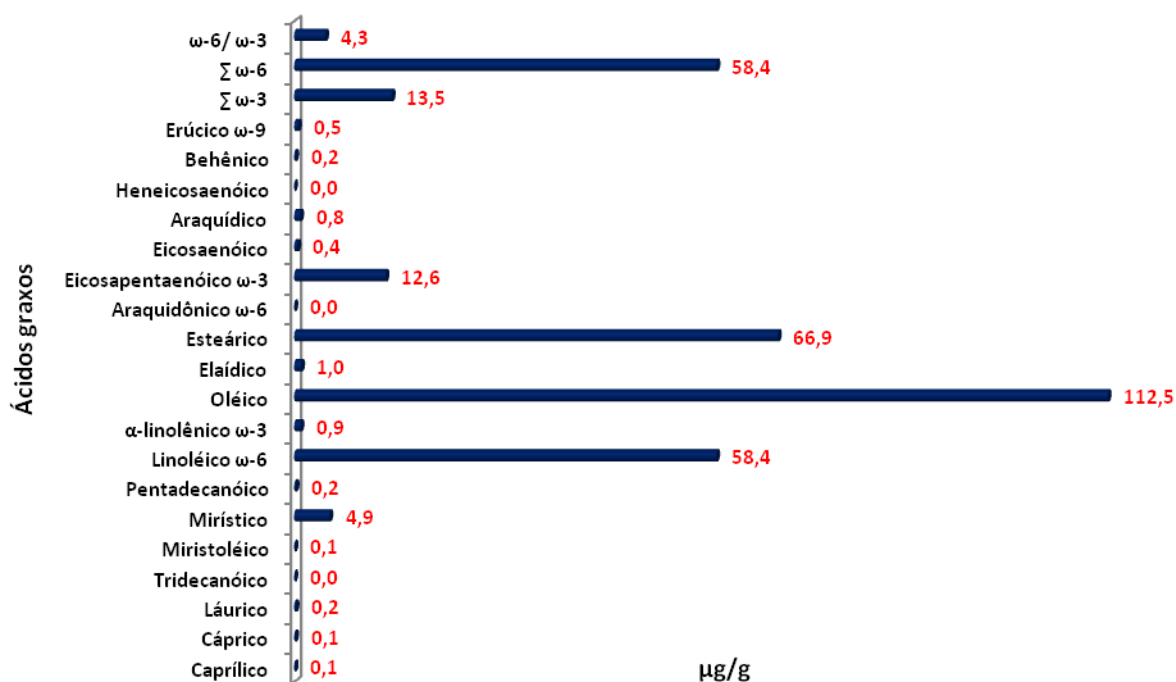


5.10.2 – Arraia

Na arraia as maiores concentrações foram encontradas para os ácidos graxos oléico (112,5µg/g), esteárico (66,9µg/g) e para os ômega as concentrações foram α -linolênico (0,9µg/g), icosapentaenóico (12,6 µg/g); linoléico (58,4 µg/g) e erúcico (0,5µg/g). O ácido araquidônico não foi detectado.

Os ácidos graxos com as mais baixas concentrações foram caprílico e cáprico, mirístico com 0,1 µg/g e os behênico e láurico 0,2µg/g. A relação entre $\omega 6/\omega 3$ foi de 4,3 sendo um das mais altas encontrada neste trabalho para os totais dos ácidos graxos $\omega 6$ (58,4µg/g) e os $\omega 3$ (13,5µg/g), Gráfico 02.

Gráfico 02 - Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe arraia (médias) em µg/g



5.10.3 – Baiacu

No baiacu os ácidos graxos presentes apresentaram as concentrações em valores mais elevados para o oléico (83,6µg/g) e o esteárico (85,1µg/g). Os ácidos miristoléico, capríco e caprílico apresentaram a concentração de 0,1µg/g).

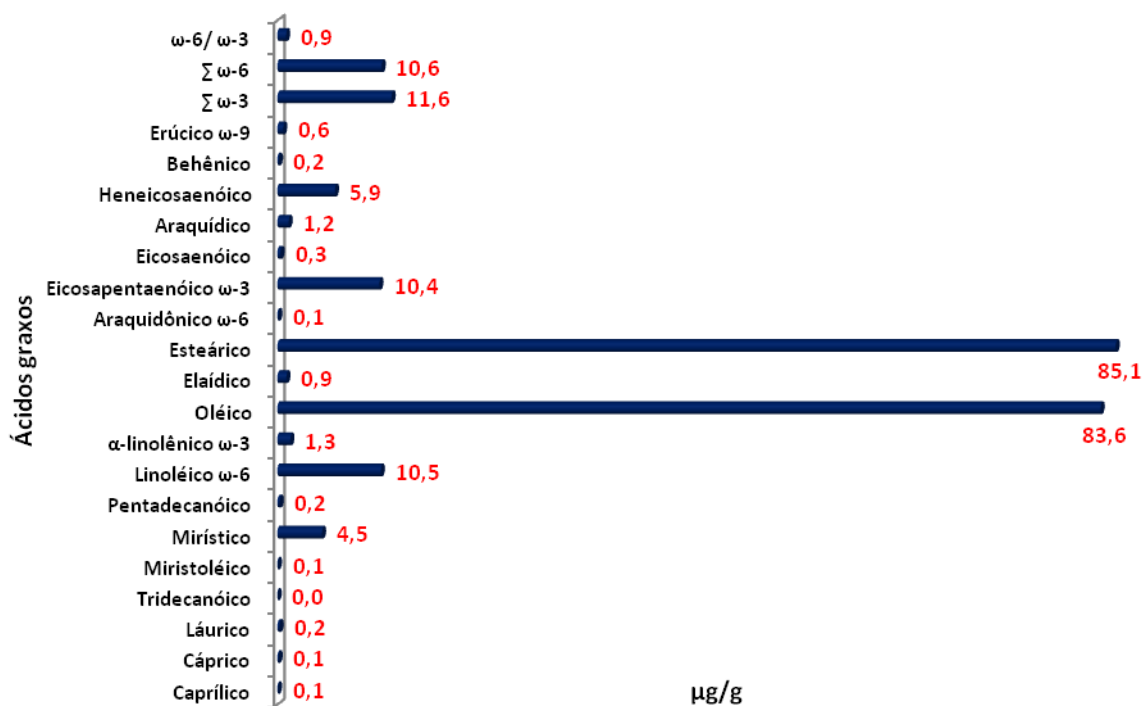
Já para os ácidos graxos das séries $\omega 6$ e $\omega 3$ as concentrações foram: α -linolênico (1,3µg/g), eicosapentaenóico (85,1µg/g), araquidônico (0,1 µg/g) e linoléico (10,5µg/g) Para o ácido erúcico (0,6µg/g). O ácido tridecanóico não foi detectado.

Valores baixos foram identificados para os ácidos graxos caprílico, cáprico, miristoléico com 0,1µg/g e os ácidos behênico, pentadecanóico e láurico com a concentração de 0,2µg/g..

Os ácidos graxos da série ômega 3 totalizaram 11,6µg/g (α -linolênico = 1,3µg/g e o eicosapentaenóico = 10,4µg/g) e os da série ômega 6 totalizaram 10,6µg/g (araquidônico = 0,1µg/g, linoléico = 10,5µg/g) .

A relação $\omega 6/\omega 3$ foi de 0,9 considerada ideal pelos autores de dietas atuais, Gráfico 03.

Gráfico 03 - Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe baiacu (médias) em $\mu\text{g/g}$



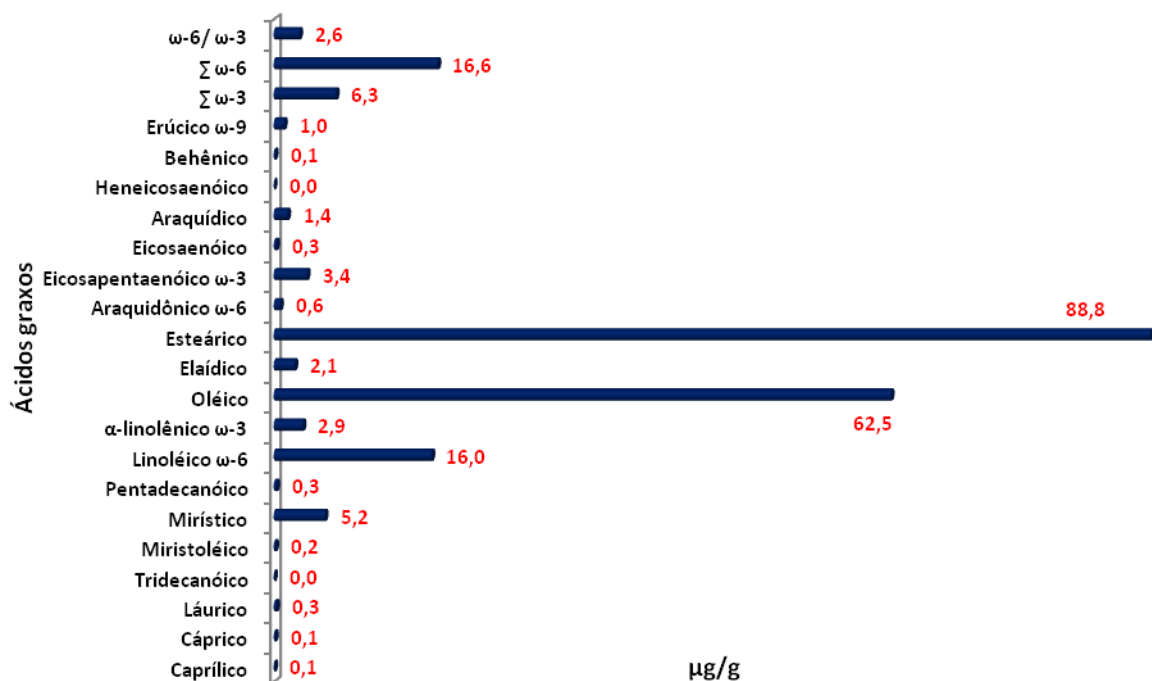
5.10.4 – Guaricema 1

A amostra identificada como Guaricema 1 foi preparada apenas com os músculos braços (filé) do peixe. Para esta amostra os mais elevados valores de concentração de ácidos graxos foram identificados para o ácido esteárico ($88,8\mu\text{g/g}$) e o oleico ($62,5\mu\text{g/g}$). Os ácidos cáprico, caprílico, behênico, miristoléico, láurico e eicosaenóico apresentaram concentração que variaram de $0,1$ a $0,3\mu\text{g/g}$.

As concentrações obtidas para os ácidos graxos da série ômega 6 foram araquidônico ($0,6\mu\text{g/g}$) e linoléico ($16,0\mu\text{g/g}$). Para a série ômega 3 obteve-se os resultados de $2,9\mu\text{g/g}$ para o ácido graxo α -linolênico e de $3,4\mu\text{g/g}$ para o ácido eicosapentaenóico promovendo uma relação ω 6/ ω 3

igual a 2,6 ($\sum\omega3 = 6,3\mu\text{g/g}$ e $\sum\omega6 = 16,6\mu\text{g/g}$) considerada baixa mesmo com elevadas concentrações dos ácidos graxos que compõem o perfil lipídico, Gráfico 04.

Gráfico 04- Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe guaricema (Guaricema 1) (médias) em $\mu\text{g/g}$

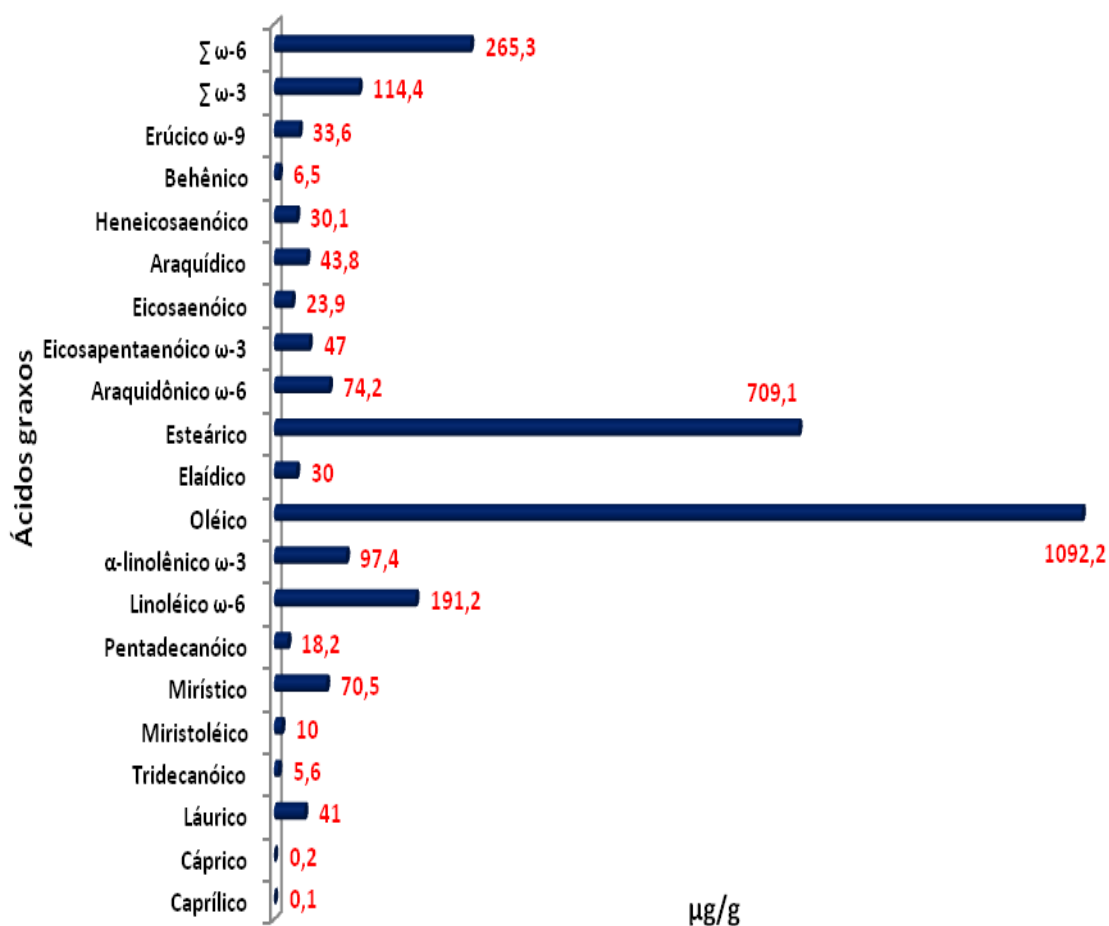


5.10.5 – Guaricema 2

A amostra identificadas como Guaricema 2 foi preparada com os músculos braços (filé) e os músculos escuros do peixe, ricos em gorduras. Para esta amostra as concentrações de ácidos graxos mais elevados acima dos valores mais tradicionais foram identificadas para o ácido esteárico ($709,1\mu\text{g/g}$) e o oleico ($1092,2\mu\text{g/g}$). Os ácidos cáprico, caprílico, apresentaram concentração que variaram de 0,1 a $0,2\mu\text{g/g}$.

As concentrações obtidas para os ácidos graxos da série ômega 6 foram araquidônico (74,2µg/g) e linoléico (191,2µg/g)). Para a série ômega 3 obteve-se os resultados de 97,4µg/g para o ácido graxo α -linolênico e de 47,0µg/g para o ácido eicosapentaenóico promovendo uma relação $\omega 6/\omega 3$ igual a 2,3 ($\Sigma\omega 3 = 114,4\mu\text{g/g}$ e $\Sigma\omega 6 = 265,3\mu\text{g/g}$) também considerada baixa mesmo com elevadas concentrações dos ácidos graxos que compõem o perfil lipídico, Gráfico 05.

Gráfico 05- Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe guaricema (Guaricema 2) (médias) em µg/g



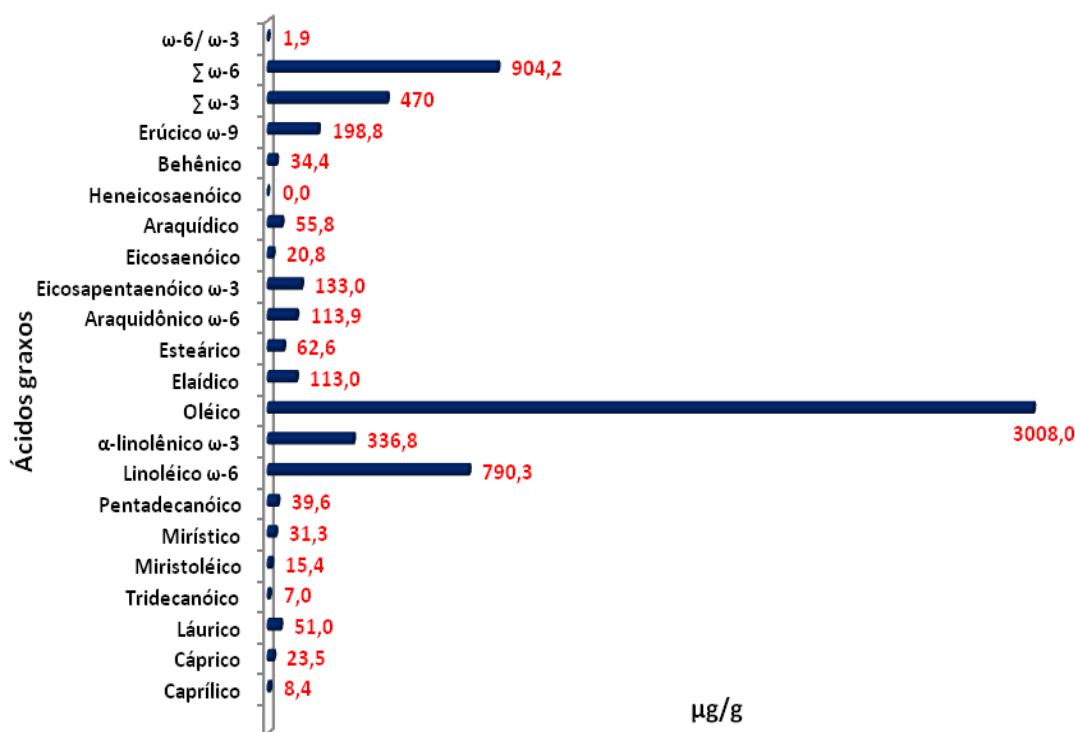
5.10.6 – Guaricema – músculo dorsal

O músculo dorsal do guaricema, parte mais escuro onde encontramos os maiores teores de gordura, de mioglobina e hemoglobina foi analisado e o seu perfil lipídico expressou as mais elevadas concentrações de ácidos graxos deste estudo. O ácido graxo oléico teve a sua maior concentração sendo de 3008,0µg/g.

Para os ácidos esteárico a concentração foi de 11,0µg/g e de 113,0µg/g para o elaídico sendo estas as maiores concentrações encontradas para o músculo escuro de guaricema. Já as menores concentrações para o músculo dorsal do guaricema foram as dos ácidos caprílico (8,4µg/g), o tridecanóico (7,0µg/g) e o ácido heneicosaeenóico não foi detectado.

O somatório das concentrações dos ácidos da série ômega 6 foi de 904,2µg/g e o somatório para a série ômega 3 foi de 470,0µg/g. A relação entre as séries ω_6/ω_3 expressou o resultado de 1,9 neste caso também, mesmo com essas elevadas concentrações, Gráfico 06.

Gráfico 06 - Perfil dos ácidos graxos das amostras do músculo dorsal do guaricema (médias) em $\mu\text{g/g}$



5.10.7 – Rabo aberto

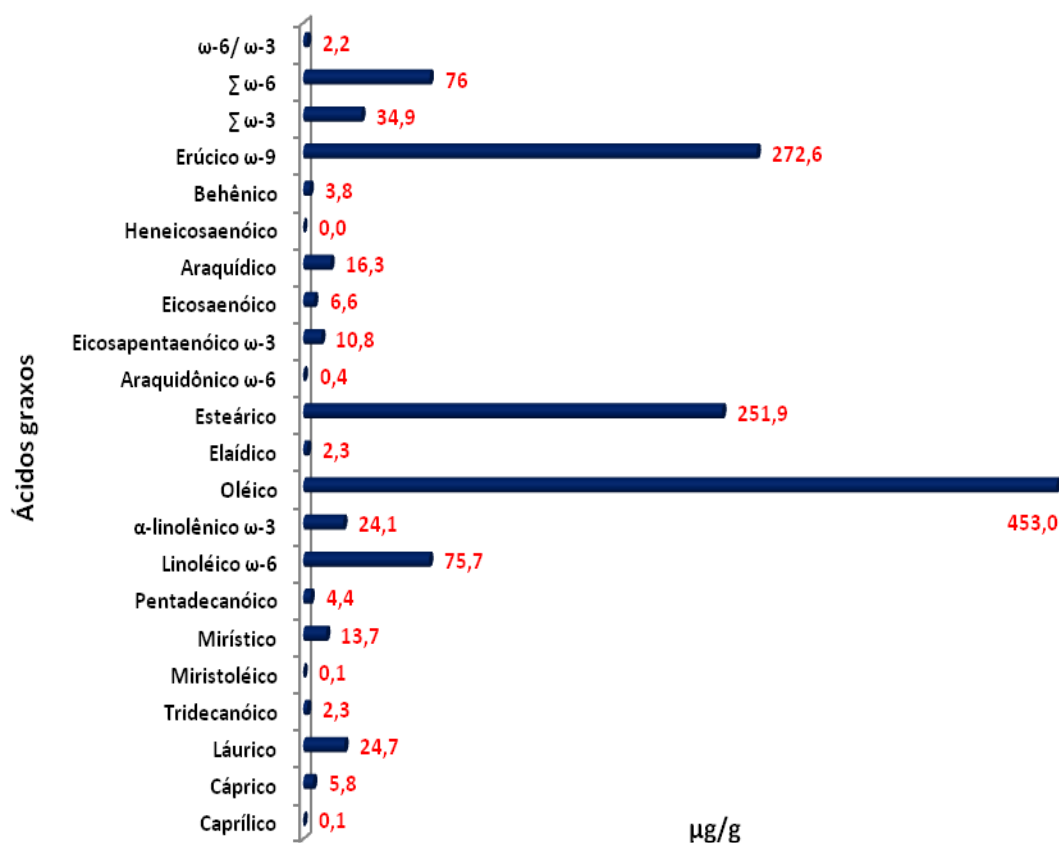
As amostras do peixe rabo aberto apresentaram as maiores concentrações para o ácido graxo oléico ($453,0\mu\text{g/g}$), esteárico ($251,9\mu\text{g/g}$) e láurico ($24,7\mu\text{g/g}$). As mais baixas concentrações foram para os ácidos heneicosaenóico – não detectado, e os ácidos caprílico, miristoléico, com $0,1\mu\text{g/g}$ e o behênico com $3,8\mu\text{g/g}$.

As concentrações para os ácidos graxos ômega foram de $18,8\mu\text{g/g}$ para o eicosapentaenóico e $24,1\mu\text{g/g}$ para o α -linolênico.

Os ômega 6 apresentaram as concentrações de 0,4 $\mu\text{g/g}$ para o araquidônico e de 75,7 $\mu\text{g/g}$ para o linoléico sendo os que seus totais foram iguais a 76,0 $\mu\text{g/g}$ para os ômega 6 e 34,9 $\mu\text{g/g}$ para os ômega 3 que permitiu estabelecer a relação ω_6/ω_3 de 2,2 que também é considerada uma relação que constitui uma boa dieta para os padrões atuais.

O ácido erúico apresentou 272,6 $\mu\text{g/g}$ sendo uma das mais altas concentrações para este ácido sendo menor apenas para o do peixe salmão, Gráfico 07.

Gráfico 07 - Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe rabo aberto (médias) em $\mu\text{g/g}$



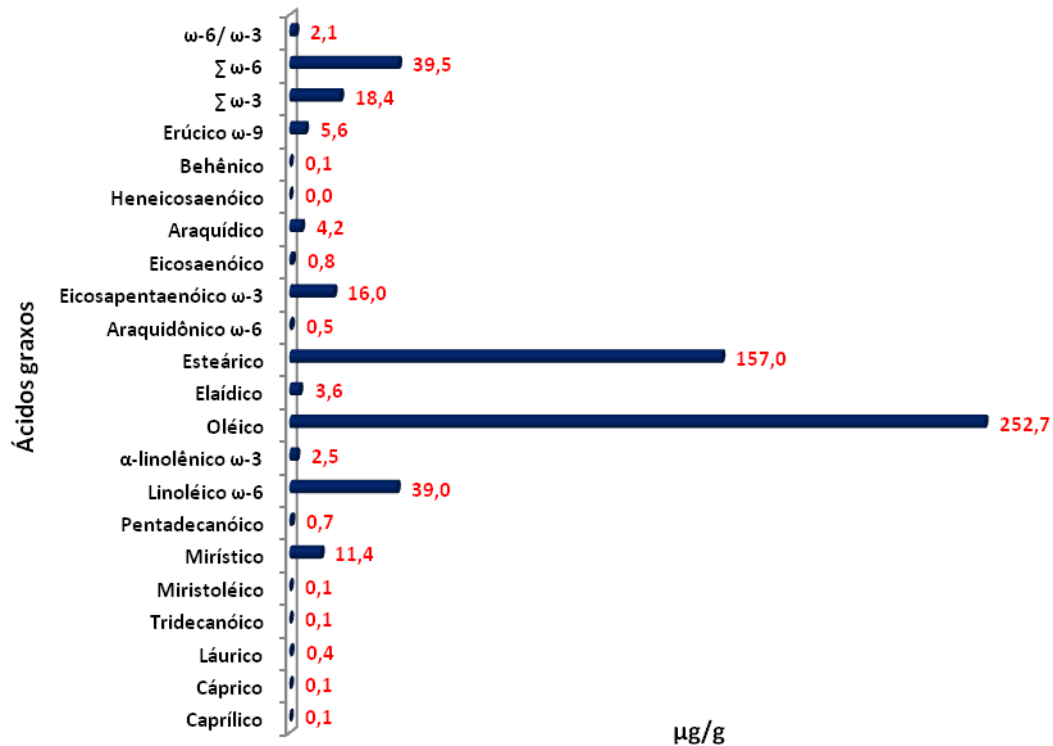
5.10.8 – Robalo

O robalo que quanto a sua facilidade de digestão, sabor e valor nutritivo é considerado um peixe de primeira linha no mercado de consumidores, apresentou as maiores concentrações para o ácido esteárico (157,0 μ g/g), oléico (252,7 μ g/g) e mirístico (11,4 μ g/g) sendo que as menores concentrações foram para os ácidos caprílico, cáprico, tridecanóico, miristoléico e behênico todos com a concentração de 0,1 μ g/g).

As concentrações para os ácidos que constituem a série ômega 3 foram 2,5 μ g/g para o α -linolênico, 16,0 μ g/g para o icosapentaenóico e para os ácidos da série ômega 6 as concentrações foram 0,5 μ g/g para o araquidônico e de 39,0 μ g/g para o ácido linoléico. Sendo o valor de 5,6 μ g/g para o erúico.

A somatória das concentrações para os ácidos da série ômega 3 totalizou 18,4 μ g/g e a da série ômega 6 totalizou 39,5 μ g/g estabelecendo uma relação ω 6/ ω 3 igual a 2,1 estando dentro da faixa considerada um dieta sadia e estabelecida em vários países, Gráfico 08.

Gráfico 08 - Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe robalo (médias) em $\mu\text{g/g}$



5.10.9 – Salmão

O salmão que, dentre os especialistas da culinária, é considerado como um peixe saudável, elegante e que pode ser preparado de variadas maneiras apresentou elevadas concentrações, neste trabalho, sendo que para o ácido oléico foi de $127197,3\mu\text{g/g}$, para o esteárico, $20059,5\mu\text{g/g}$, para o mirístico, $1850,7\mu\text{g/g}$ e para o araquídico $1096,4\mu\text{g/g}$.

As concentrações mais baixas para o salmão foram dos ácidos cáprico ($36,5\mu\text{g/g}$), tridecanóico ($16,9\mu\text{g/g}$), miristoléico ($42,1\mu\text{g/g}$) e pentadecanóico ($66,0\mu\text{g/g}$).

Os ácidos da série ômega 3 apresentaram as concentrações de 4783,2µg/g para o α -linolênico e de 372,0µg/g para o eicosapentaenóico e as concentrações da série ômega 6 foram de 98903,7µg/g para o ácido linoléico e de 197,4µg/g para o ácido araquidônico.

Estes valores de concentrações foram os mais elevadas encontradas neste estudo para os ácidos das séries ômega 6 e ômega 3 bem como, para os ácidos esteárico e oléico.

O valor de 501,4 µg/g foi identificado para o ácido erúico.

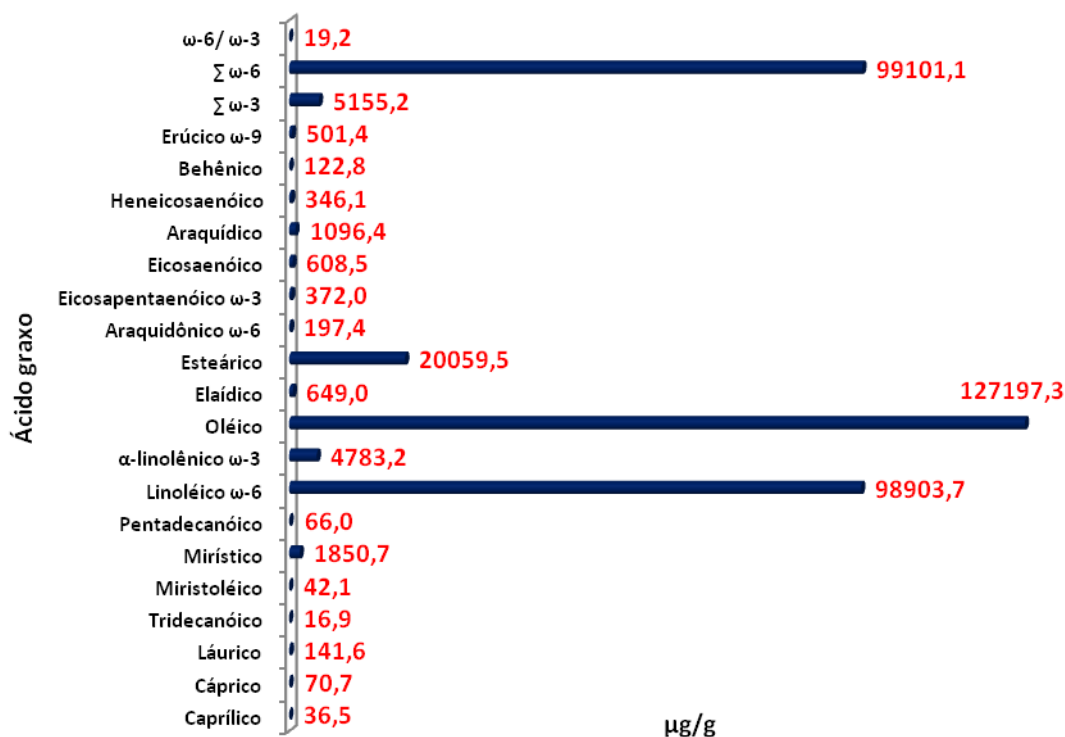
Os totais obtidos são: 5155,2µg/g para os ácidos da série ômega 3 e de 99101,1µg/g para os ácidos da série ômega 6.

A relação ω_6/ω_3 de 19,2 foi a mais alta deste trabalho sendo um valor que supera todos os demais obtidos na relação ômega 6/ômega 3.

Comparativamente aos resultados que identificamos em outras pesquisa, a relação ômega6/ômega 3 neste estudo extrapola os limites recomendados em dietas consideradas saudáveis.

Todos estes valores estão representados no Gráfico 09.

Gráfico 09 - Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe salmão (médias) em $\mu\text{g/g}$



5.10.10 – Sardinha

A sardinha é considerada um peixe pequeno, saboroso e ideal para compor uma dieta semanal. O perfil de ácidos graxos estabelecido neste trabalho identificou as mais elevadas concentrações de mirístico (22,0 $\mu\text{g/g}$), de esteárico (168,1 $\mu\text{g/g}$) e o oléico (90,3 $\mu\text{g/g}$).

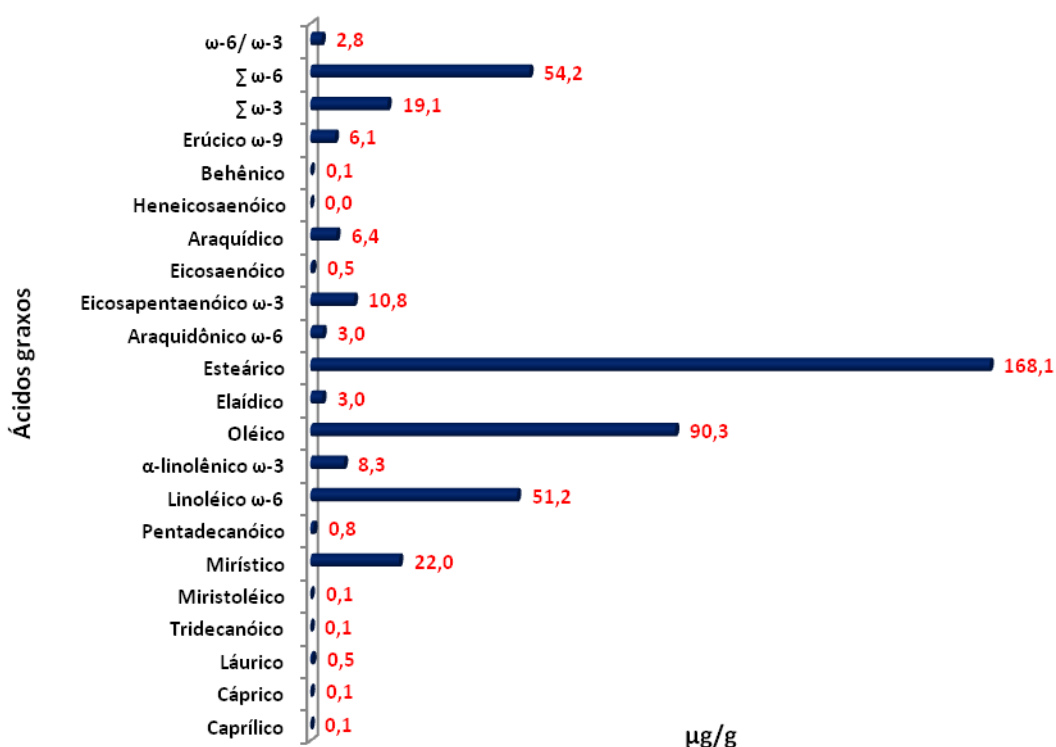
Por outro lado as menores concentrações identificadas foram dos ácidos caprílico, cáprico, tridecanóico, miristoléico e behênico todos coma a concentração em torono de 0,1 $\mu\text{g/g}$. O ácido heneicosaenóico não foi detectado nesta amostra (1,9 $\mu\text{g/g}$) e o erúcido foi de 6,1 $\mu\text{g/g}$.

A série ômega 3 apresentou resultados de 8,3µg/g para o ácido α -linolênico e de 168,1µg/g para o ácido eicosapentaenóico.

A série ômega 6 apresentou resultados mais elevados que a série ômega 3 sendo que os ácidos linoléico foi de 51,2µg/g e o araquidônico de 3,0µg/g. O ácido erúcido apresentou concentração de 6,1µg/g.

A relação $\omega 6/\omega 3$ foi obtida a partir dos totais das séries ômega 6 (54,2µg/g) e da ômega 3 (19,1µg/g) sendo o resultado de 2,8 uma das mais altas, Gráfico 10.

Gráfico 10 - Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe sardinha (médias) em µg/g



9.10.11 – Xaréu

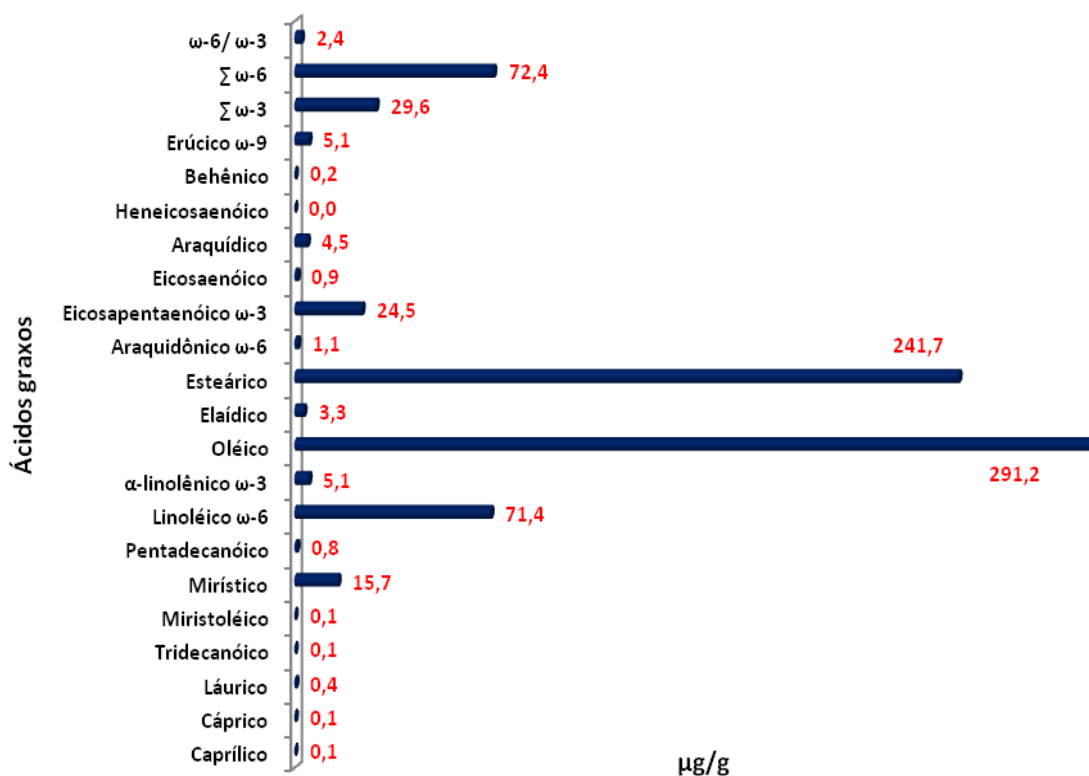
Para o xaréu o perfil de ácidos graxos obtido com as maiores concentrações foi de 291,2µg/g para o ácido oléico, 221,9µg/g para o ácido esteárico, de 15,7µg/g para o ácido mirístico e de 4,5g/g para o ácido araquídico.

A contribuição para o perfil lipídico com as menores concentrações deu-se através dos ácidos behênico (0,2µg/g), caprílico, cáprico, tridecanóico, miristoléico na faixa de 0,1µg/g e o heneicosaeenóico não teve valor identificado.

A série ômega 3 contribuiu com os ácidos α -linolênico (5,1µg/g) e o eicosapentaenóico (24,5µg/g) e a série ômega 6 com os ácidos linoléico (71,4 µg/g) e o ácido araquidônico (1,1µg/g). O erúcico foi de 5,1µg/g.

O resultado da relação ω_6/ω_3 do xaréu foi de 2,4 que consideramos compatível com os valores desejados e recomendados pelos especialistas. Este resultado foi obtido a partir dos totais de 29,6µg/g para os ácidos da série ômega 3 e de 72,4µg/g para os ácidos da série ômega 6, Gráfico 11.

Gráfico 11 - Perfil dos ácidos graxos das amostras do peixe xaréu (médias) em $\mu\text{g/g}$



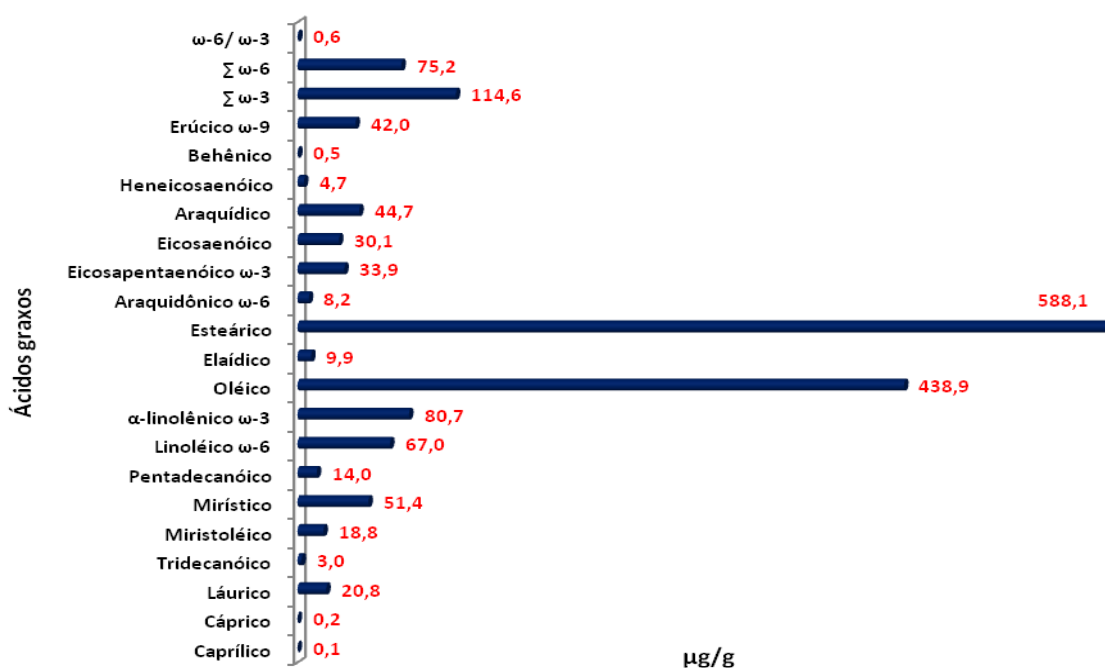
5.10.12 – Xixarro

Para o peixe xixarro os resultados considerados mais elevados no perfil de ácidos graxos foram para o ácido esteárico ($588,1\mu\text{g/g}$), oléico ($438,9\mu\text{g/g}$), mirístico ($51,4\mu\text{g/g}$), araquídico ($44,7\mu\text{g/g}$) e o eicosaenóico ($30,1\mu\text{g/g}$). Os resultados mais baixos foram para os ácidos behênico ($0,5\mu\text{g/g}$), cáprico ($0,2\mu\text{g/g}$) e caprílico ($0,1\mu\text{g/g}$).

Os ácidos da série ômega 3 foram identificados com as concentrações de $80,7\mu\text{g/g}$ para o α -linolênico e $33,9\mu\text{g/g}$ para o eicosapentaenóico. Já para os ácidos da série ômega 6 as concentrações

foram de 67,0µg/g e para o linoléico e 8,2µg/g para o araquidônico, totalizando 75,2µg/g para os ácidos da série ômega 6 e 114,6µg/g para os ácidos da série ômega 3 que resultou em uma relação ω6/ω3 de apenas 0,6 sendo a mais baixa encontrada neste estudo (Gráfico 12).

Gráfico 12 - Perfil dos ácidos graxos na amostra do xixarro (médias) em µg/g



A partir destes resultados observa-se uma distribuição da presença do perfil de ácidos graxos em todas as espécies de peixes analisadas diferindo em sua composição quantitativa.

Dentre os ácidos graxos saturados sobressai quantitativamente o ácido esteárico que apresentou concentrações variando de 62,6µg/g no peixe guaricema-M até a concentração de 20059,5µg/g no peixe salmão. Estes valores estão compatíveis com os valores obtidos em outras pesquisas a exemplo da realizada por Stevanato e colaboradores, 2007, que observou valores elevados deste ácido na farinha das cabeças de tilápias, por Lima de

Souza, 2010 em três espécies de peixes da região amazônica, por Ramos Filho, 2008 em quatro espécies de peixes da região pantaneira do estado do Mato Grosso do Sul e Furuya e colaboradores, 2006 em uma espécie de camarão.

O ácido caprílico, um dos ácidos saturados analisados, foi o que apresentou na maioria das espécies de peixe, baixa concentração variando de 0,1µg/g a 36,5µg/g para os peixes ariacó, arraia, baiacu, rabo aberto, salmão, sardinha, xaréu e xixarro e excetuando para os peixes guaricema – M e salmão que apresentaram valores mais baixos comparativamente aos valores para o ácido behênico nas amostras destes mesmos peixes. O seu maior valor em concentração foi identificado no peixe salmão (36,5µg/g). Raros trabalhos sobre peixes fizeram referência a este ácido sendo observado com mais frequência em pesquisas sobre leite a exemplo da pesquisa realizada por Verruma e Salgado, 1994 que analisou leites de búfala e vaca, em pesquisa de Queiroga e colaboradores, 2007 que analisou leite de cabra e Costa e Sabarense, 2010 que analisou o leite materno. Em todas estas pesquisas a presença do ácido caprílico foi em baixas concentrações.

O ácido oléico foi o ácido graxo insaturado que apresentou os valores de concentrações mais elevados em todas as espécies de peixes analisadas. Na amostra do peixe salmão o ácido oléico apresentou o maior valor de concentração de ácido graxo obtido neste estudo alcançando o patamar de 127197,3µg/g seguido da concentração encontrada na amostra do peixe guaricema-M (3008,0µg/g) e o menor valor encontrado foi para a amostra do peixe baiacu (62,5µg/g). Outra comparação para o ácido oléico é sua concentração em peixes de água doce considerado por Gutiérrez e Silva, 1993 como um dos mais abundantes dentre os ácidos graxos

monoinsaturados. Surpreende ainda a concentração deste ácido em peixes carvenícolos sendo a maior dentre os ácidos identificados por Monteiro e colaboradores, 2009 em sua pesquisa realizada na Universidade Federal de Lavras – MG.

Os ácidos insaturados da série ômega 6 estão representados neste estudo pela presença do ácido araquidônico (exceto para o peixe arraia) e o ácido linoléico em todas as amostras de peixes analisadas. O ácido araquidônico apresentou os maiores valores de concentrações nas amostras dos peixes, guaricema e a do músculo dorsal da guaricema, e salmão. São resultados comparáveis aos da literatura e segundo Vasconcelos e Zapata, 2009 o ácido araquidônico está presente em altas concentrações no polvo (*Octopus vulgaris*). O ácido linoléico por outro lado, apresentou concentrações mais elevadas para as amostras dos peixes salmão, sardinha, xaréu e xixarro. Colocando em destaque o peixe salmão, é possível comparar os valores obtidos para o ácido linoléico com resultados de pesquisas realizadas por Simopoulos, 2002 que encontrou valores similares tanto para o salmão selvagem quanto para o salmão de cativeiro e com a pesquisa de Tonial e colaboradores, 2010 que quantificou o ácido linoléico em salmão *in natura* e grelhado.

Os ácidos α -linolênico e o ácido eicosapentaenóico representam os ácidos graxos da série ômega 3 neste estudo. Também foram identificados e quantificados em todas as amostras de peixe analisadas. O ácido α -linolênico apresentou valores que variaram de 0,9 μ g/g no peixe arraia a 4783,2 μ g/g no peixe salmão. Já o ácido eicosapentaenóico apresentou os maiores valores da série ômega 3 na quase totalidade das amostras, exceto para o peixe salmão que registrou valor maior desta série em relação ao ácido α -linolênico. Semelhança com estes resultados foram os obtidos em

pesquisa realizada por Druzian, Marchesi e Scamparini, 2007 que encontro baixa concentração do ácido eicosapentaenóico em carpas independente da sua dieta alimentar. Vários trabalhos científicos fazem referência ao ácido α -linolênico a exemplo do realizado por Ribeiro, 2011 quando identificou e quantificou em filés de tilápias criadas sob diferentes formas de tratamento e o realizado por Oliveira e colaboradores, 2008 que analisou uma espécie de peixe de consumo popular no estado de Alagoas.

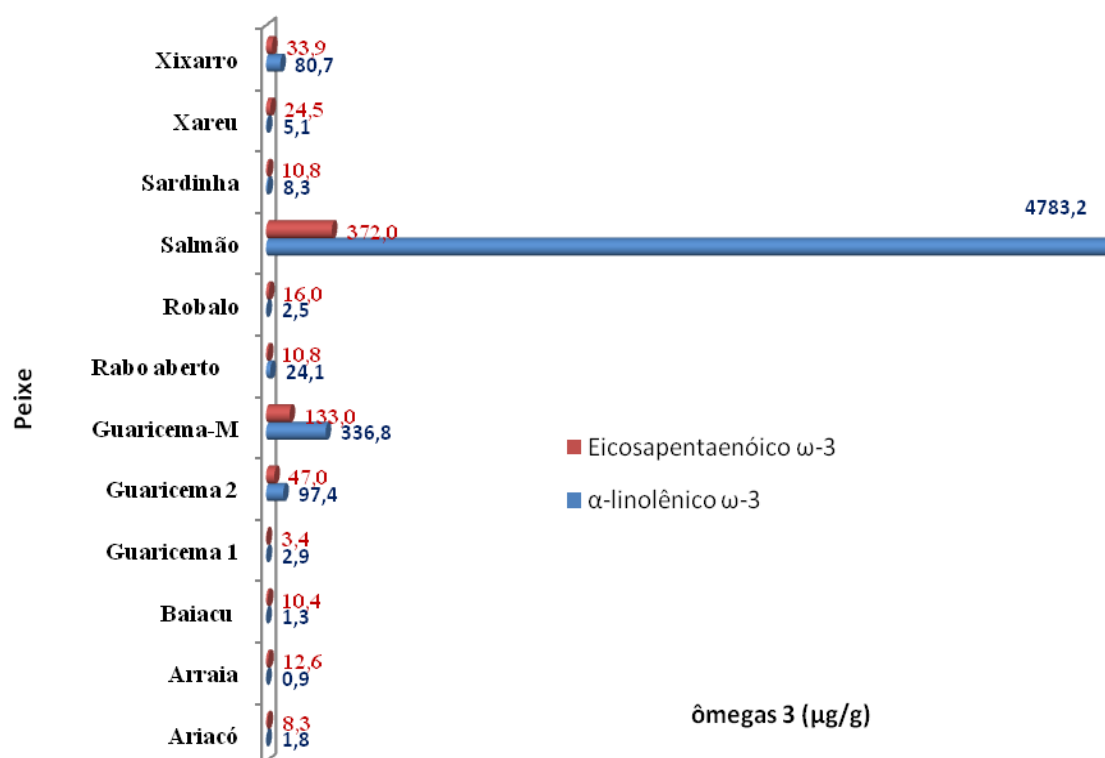
O ácido erúcico, representante dos ômega 9, apresentou os valores de concentração mais baixos em quase todas as amostras exceto para as amostras dos peixes guaricena-M, rabo aberto e salmão em relação as concentrações do ácido araquidônico nas mesmas amostras.

Os demais ácidos graxos que foram analisados apresentaram valores de concentração que se assemelham aos trabalhos consultados e citados neste estudo. Destacamos que, em relação a trabalhos nesta mesma linha de abordagem e desenvolvidos no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Química como também em outras teses, o número de ácidos graxos foi o maior, num total de dezenove, abrangendo um largo perfil permitindo uma visão da composição dos lipídeos em espécies de peixes de elevado consumo e importância comercial no nosso estado.

O Gráfico 13. – Concentração dos ácidos ômega 3 (α -linolênico e eicosapentaenóico) nas amostras de peixes permite visualizar a elevada concentração destes ácidos nas amostras dos peixes salmão e no músculo do guaricema e em especial para o ácido α -linolênico. Observa-se também que a concentração do ácido α -linolênico é mais elevada que as do ácido eicosapentaenóico para as amostras dos peixes xixarro, rabo aberto e as de

guaricema. Já para os demais peixes a concentração do ácido eicosapentaenóico as concentrações são mais elevadas. Este resultados também estão em concordância com os da literatura a exemplo de pesquisa realizada por Oliveira e colaboradores, 2008, multi citada, que identificou este dois ácidos no peixe mandim (*Arius spixii*) na mesma proporção, por Tonial e colaboradores, 2010, em filés de salmão, e Costa e Sabarense, 2010 em leite humano e, em uma relação inversa a este resultados, foram os obtidos por Parisenti, Tramonte e Arellano, 2010, que realizaram pesquisa em ostras cultivas no litoral do estado de Santa Catarina, onde observou-se a presença do ácido eicosapentaenóico em maiores concentrações que o ácido α -linolênico.

Gráfico 13 – Concentração dos ácidos graxos da série ômega 3 na amostras analisadas

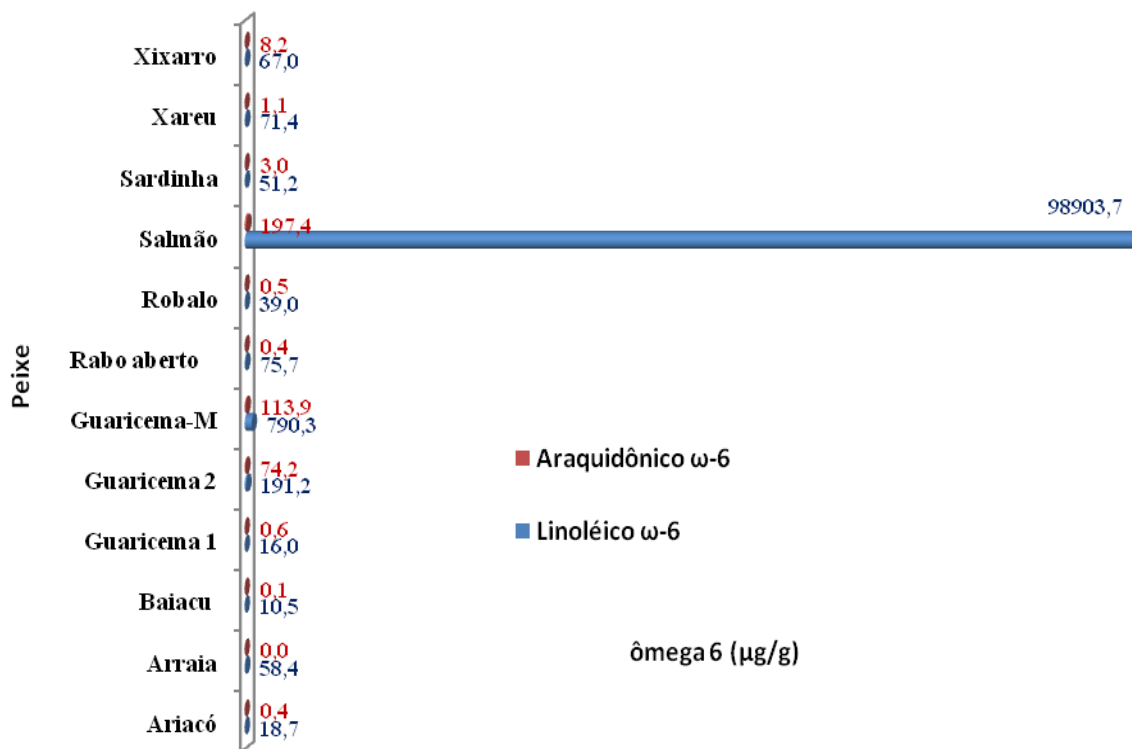


O Gráfico 14 - Concentração dos ácidos ômega 6 (ácido linoléico e o ácido araquidônico) nas mesmas amostras de peixes analisadas, também permite observar que estes dois ácidos estão em valores de concentrações mais elevadas nas mesmas espécies de peixe: o salmão e a guaricema (músculo dorsal).

O ácido linoléico expressa as maiores concentrações nas espécies do xixarro, xaréu, salmão, rabo aberto e do guaricema todas as espécies de peixes, as amostras analisadas apresentaram valores de concentrações para o ácido araquidônico inferiores aos do ácido linoléico. Pesquisas com semelhantes resultados foram realizadas por Lazzari e colaboradores, 2011 que analisaram o perfil de ácidos graxos no peixe jundiá (*Rhamdia quelen*).

Fazendo uma correlação com o plasma humano, Moraes e colaboradores, 2010, identificaram que o ácido linoléico apresenta valores de concentração cinco vezes maiores que as do ácido araquidônico mantendo uma proporção com os resultados de Stevanato e colaboradores, 2007 que analisaram o perfil de ácidos graxos em farinha das cabeças de tilápia.

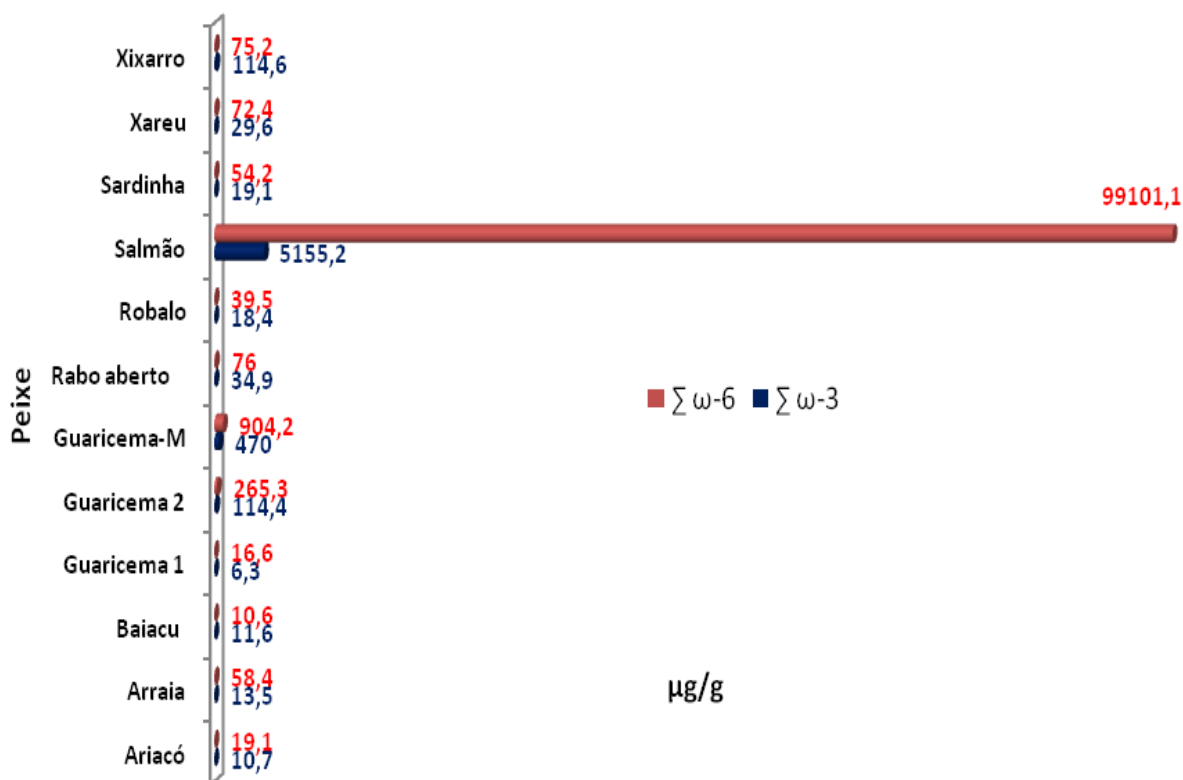
Gráfico 14 – Concentração dos ácidos graxos da série ômega 6 na amostras analisadas



O Gráfico 15 - Somatórios das concentrações dos ácidos das séries ômega 6 e ômega 3 possibilita observar que os ácidos da séries ômega 6 estão presentes em maiores concentrações nas amostras dos peixes ariacó, guaricema, rabo aberto, salmão e xaréu.

As amostras das espécies do baiacu e xixarro foram a exceções com valores do somatório dos ácidos graxos da série ômega 6 abaixo do somatório da série dos ácidos ômega 3.

Gráfico 15 - Somatórios das concentrações dos ácidos das séries ômega 6 e ômega 3



5.11 – Relação entre os somatórios das concentrações dos ácidos graxos das séries ômega 6 e ômega 3

A relação ômega 6/ômega 3 é uma questão nutricional que se destaca na dieta DRI (do inglês “Dietary Reference Intakes”) sendo recomendada a redução na ingestão diária dos ácidos poliinsaturados da series ômega 6 visando reduzir os efeitos adversos do ácido araquidônico e seus produtos eicosanóides. Desta maneira aumentada a ingestão de ácidos

poliinsaturados da série ômega 3 e diminuindo o ácido linoléico pode-se obter uma melhora na relação ômega 6/ômega 3 visando à saúde mental e cardiovascular em adultos e recém-nascidos (SIMOPOULOS e colaboradores, 1999; GÓMEZ, 2003).

A redução dos níveis dessas substâncias, pelo estresse oxidativo do envelhecimento, contribui para o aumento em nível de cérebro do colesterol, identificada em doenças como a Alzheimer, Parkinson e esclerose lateral amiotrófica. Também participam na síntese de hemoglobina, na divisão celular e no transporte de oxigênio para o plasma sanguíneo e na transmissão do impulso nervoso (MARTIN e colaboradores, 2006).

Outros estudos demonstraram que esse mesmo ácido é indispensável em três fases da vida: gestação, lactação e infância. Martin e colaboradores (2006) destacam que essa importância alcança até a terceira idade e principalmente nas doenças degenerativas.

Relatos científicos relacionam também outros benefícios pelo uso na dieta de ácidos graxos da série ômega 3 como a redução de risco de depressão pós-parto, de mudanças do humor, da agressão esquizofrênica, das doenças inflamatórias incluindo a intestinal, artrite reumatóide, asma e doença cardiovascular nos adultos e nas crianças é usada na redução da dislexia, desordem do aprendizado e hiperatividade (DENARDI, 2007).

Yehuda e colaboradores (2002), concluíram que o organismo necessita para o seu bom desenvolvimento e manutenção de uma perfeita saúde, a ingestão de ácidos graxos essenciais na proporção de 2 a 3 partes de ômega 6 para 1 parte de ômega 3, diferentemente de Simopoulos (2002)

que esta relação deveria ser na proporção de 1 parte de ômega 3 para 5 partes de ômega 6.

A alteração dessa relação na redução do consumo de ácidos graxos da série ômega 3 e paralelamente aumento do consumo da série dos ômega 6, na atualidade, é reconhecida como a causa principal da elevação desordenada de doenças degenerativas, auto-imunes, cardiovasculares e cânceres (PESCADOR, 2006).

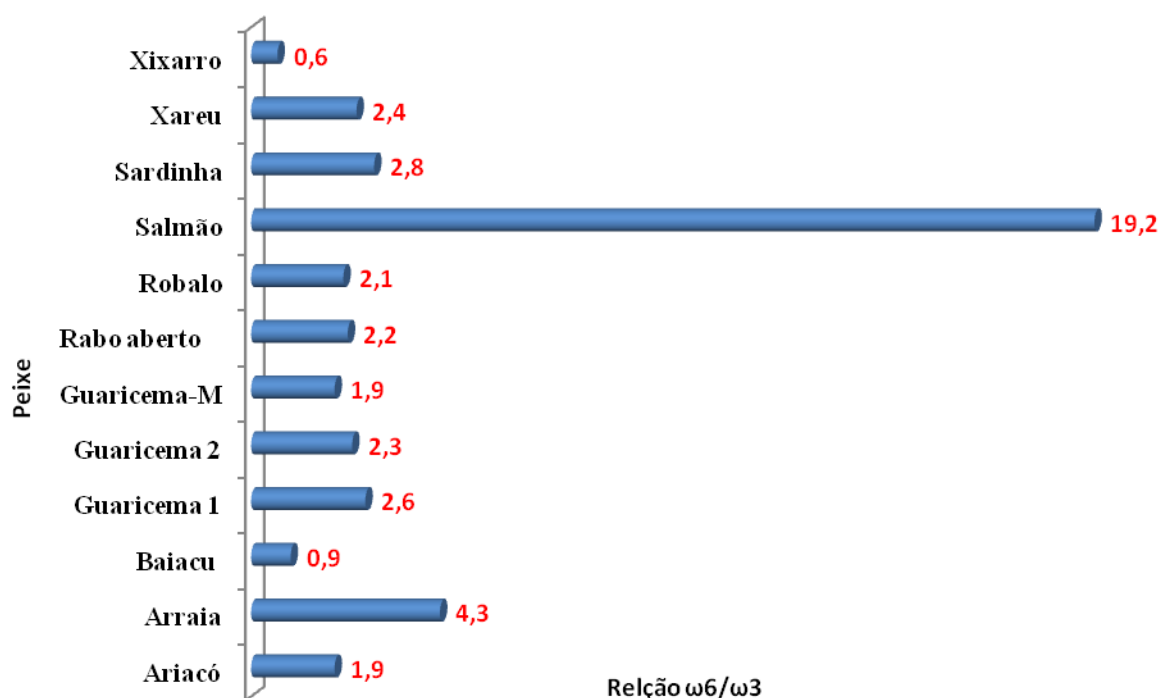
Ainda segundo Schmidt e colaboradores 2000, essa relação entre o consumo de ácidos graxos da série ômega 6/ômega 3 aumentou desproporcionadamente de 20:1 para 30:1 tendo em vista que o ideal seria a relação de 1 a 2:1, nas dietas denominadas ocidentais. Na Europa, especificamente na Alemanha e Suécia recomenda que essa relação de ingestão de ômega 6/ômega 3 esteja entre 5:1 diferentemente do Japão onde foi estabelecida a relação de 2:1 de forma rigorosa. A relação de 5 a 10:1 é a recomendada pela FAO (1994) e PESCADOR (2006).

Vários experimentos laboratoriais com uso de animais têm concluído que os ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 3, participam de forma efetiva na redução do crescimento de tumores de processos cancerígenos, bem como na baixa ocorrência de doenças coronariana dentre aqueles que o consumo de peixes e óleo de peixe é elevado (PESCADOR, 2006).

Uma das atuais estratégias terapêutica para reduzir a resposta inflamatória aguda e a cura de cânceres encontra-se a terapêutica nutricional relacionada à ingestão de lipídeos e da relação entre os ácidos graxos da série ômega 3 e ômega 6 (GARÓFOLO e PETRILLI, 2006).

Os resultados deste estudo para as relações entre os somatórios das séries ômega 6 e a série ômega 3 estão registrados no Gráfico 16 – Relação dos somatórios dos ômega-6/ômega-3. Observa-se que todos os resultados estão dentro das faixas recomendadas por diversos especialistas, resultados de pesquisas, Organizações, Sociedades Científicas e governos.

Gráfico 16 - Relação entre os somatórios das concentrações dos ácidos graxos das séries ômega 6 e ômega 3



As dietas modernas buscam diminuir a relação ômega 6/ômega 3 baseadas em estudos clínicos onde foram observada redução significativa da taxa de mortalidade por doenças cardiovasculares, nos processos inflamatórios e diminuição dos sintomas das asma quando esta relação foi mantida de 4:1 e quando ocorreu aumento para 10:1 os sintomas foram intensificados.

Iniciando a revisão comparativa dos valores obtidos para esta relação observamos que desde a época Paleolítica os valores estão na faixa de 0,79 como citado por Simopoulos, 2010 e no reino vegetal, a exemplo dos resultados obtidos na pesquisa de Martin e colaboradores, 2006 as hortaliças estão na mesma faixa variando de 0,2 a 0,8 e ainda para as folhas e caule de linho variando de 0,42 a 0,96, segundo Aguiar e colaboradores, 2010. No reino animal valores similares foram identificados na pesquisa de Lazzari e colaboradores com resultados na faixa de 0,14 a 0,17 no peixe jundiá (*Rhamdia quelen*) e por Furuya e colaboradores, 2006 para o camarão-de-água-doce (*Macrobrachium amazonicum*), por Veloso, 2005 em peixes da família Lutjanidae obtendo valores na faixa de 0,21 a 0,34 e valores de 0,17 a 0,18 em filés de salmão da espécie *Salmo salar* L. relatados por Tonial e colaboradores, 2010. Valores além dessa faixa e considerados elevados foram quantificados em amostras de farinha da cabeça de tilápias, por Stevanato e colaboradores, 2007 no fígado e músculos do salmão da espécie *Salmo trutta macrostigma* relatados por Akpınar, Görgün e Akpınar, 2009. Pesquisas também demonstraram que as cabeças de peixe possuem essa relação acima das faixas encontradas neste trabalho. Resultados variando de 1,64 a 8,05 foram obtidos em cabeças de peixes dos rios Guibá-Manso e Paraná por Moreira e colaboradores, 2003 e os resultados da pesquisa do já citados Stevanato e colaboradores, 2007 que quantificaram os ácidos graxos em cabeças in natura de tilápias (*Oreochromis niloticus*).

Os resultados deste estudo estão correlacionados com os resultados das pesquisas adotadas nesta revisão excetuando apenas para a amostra do peixe salmão que apresentou uma relação ω_6/ω_3 muito elevada em relação a médias das amostras das espécies de peixes analisadas. Acreditamos que o resultado de 19,2 para amostra do peixe salmão deveu-

se a ser a única adquirida sob a forma industrializada na rede de supermercados de Salvador/Bahia.

6.0 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS

6.1 – Relatório Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA) das amostras de peixes

Foi realizada a análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA) com o objetivo de verificar se as amostras de peixes analisadas formam grupos de similaridades distintos e o que leva a formação dos diferentes grupos.

A análise de componentes principais (PCA) é uma técnica estatística que pode ser utilizada para redução do número de variáveis e para fornecer visão privilegiada do conjunto de dados. Consistem em reescrever as variáveis originais em novas variáveis denominadas componentes principais, através de uma transformação de coordenadas. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais sendo que nestas combinações cada variável terá uma importância ou peso diferente (MOITA NETO, 2012).

As componentes principais possuem duas características que as tornam mais efetivas que as variáveis originais para a análise do conjunto das amostras: (i) as variáveis podem guardar entre si correlações que são suprimidas nas componentes principais, ou seja, são ortogonais entre si trazendo uma informação estatística diferente das outras; (ii) as variáveis originais têm a mesma importância estatística, enquanto que os

componentes principais tem importância estatística decrescente (MOITA NETO, 2012).

A análise dos componentes principais fornece também as ferramentas adequadas para a identificação das variáveis mais importantes do espaço dos componentes principais.

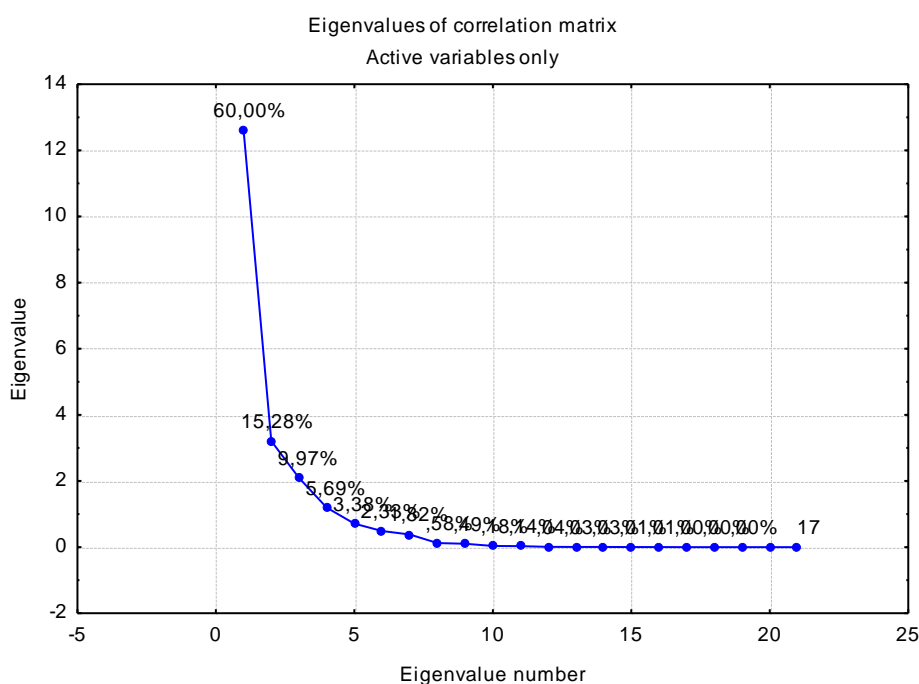
A análise de agrupamento hierárquico (HCA) por outro lado, consiste no tratamento matemático de cada amostra como um ponto no espaço multidimensional descrito pelas variáveis escolhidas sendo possível, a partir deste ponto, calcular a distância a todos os demais pontos, constituindo assim uma matriz que descreve a proximidade entre as amostras estudadas (MOITA NETO e MOITA, 1998).

Existem várias maneiras de calcular a distância entre dois pontos, sendo a distância euclidiana a mais conhecida. Com base nesta matriz de proximidade entre as amostras é possível construir um diagrama de similaridade denominado dendrograma que possibilita uma visão bidimensional desta similaridade ou dissimilaridade de todo o conjunto de amostras. Portanto, quanto maior a proximidade entre as medidas relativas, as amostra maior a similaridade entre elas, ou seja, estão próximas matematicamente no espaço (MOITA NETO e MOITA, 1998).

A análise estatística dos resultados obtidos com a inclusão da amostra do músculo dorsal do peixe Guaricema (M-GUA) o Gráfico 17 - Percentagem da Proporção apresenta resultados da análise dos componentes principais (PC) numa escala de 0-14 das 68 amostras e 23 variáveis sendo que a primeira componente principal (PC1) corresponde a 94,9% e o segundo componente principal (PC2) correspondendo a 15,28%

resultando no valor acumulado de 75,28% o que permite concluir que as duas primeiras componentes principais explicam, praticamente, toda a variabilidade dos 23 componentes iniciais deste estudo.

Gráfico 17 - Percentagem da Proporção



Nesta avaliação a componente ω_6/ω_3 apresentou peso baixo o que provoca a separação em dois conjuntos de amostras (Gráfico19) sendo um dos conjuntos formado pelo Grupo 1 do Grafico 18 constituído por amostras que apresentaram maiores concentrações dos analitos e que também apresentaram pesos elevados para o PC1, e o outro conjunto formado pelos Grupos 2 e 3 do Gráfico 19 constituídos por amostras com as menores concentrações para os analitos e que tiveram pesos elevados para a PC1 sendo que o Grupo 1 é formado pela espécie do peixe guaricema (GUA), mais especificamente do músculo dorsal escuro, o Grupo 2 do Gráfico 19 é constituído pelas amostras do peixe salmão(SAL) e o Grupo 3 é constituído pelas amostras dos peixes ariacó (ACO), arraia (ARR), baiacu (BAI), guaricema (músculo branco e escuro em única amostra), rabo aberto (RAB), robalo (ROB), sardinha (SAR), xareu (XAR)

e xixarro (XIX). Destaca-se no grupo o peixe salmão (SAL) por ser a única espécie não oriunda da Baía de Todos os Santos (Salvador-Bahia-Brasil).

Gráfico 18 – Pesos das componentes

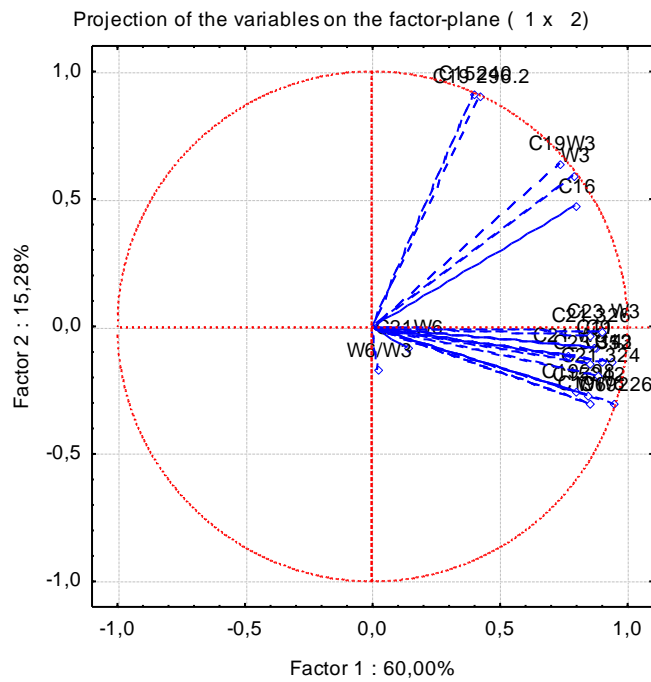
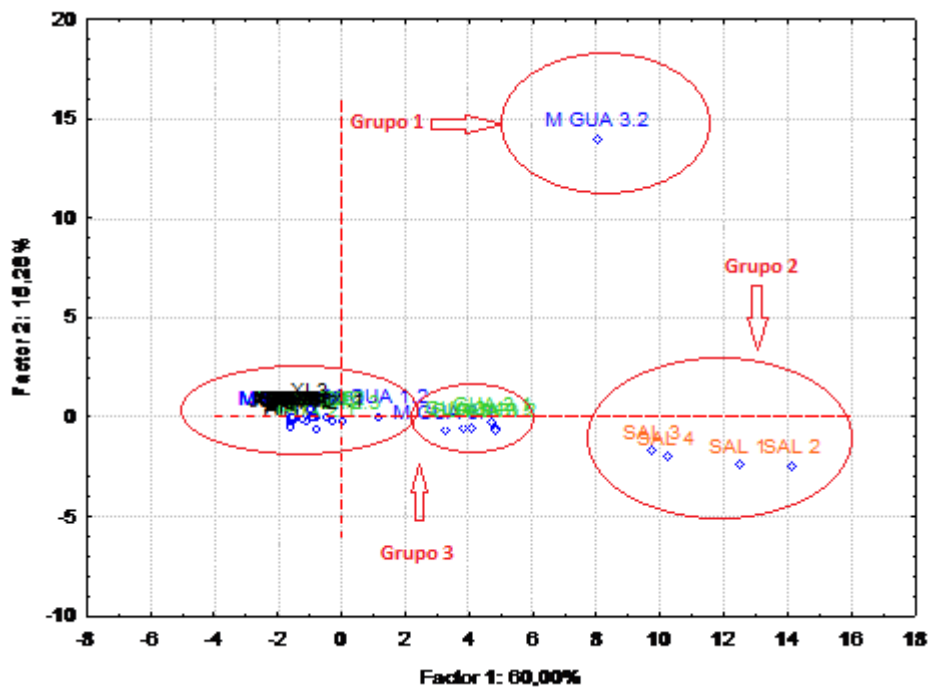


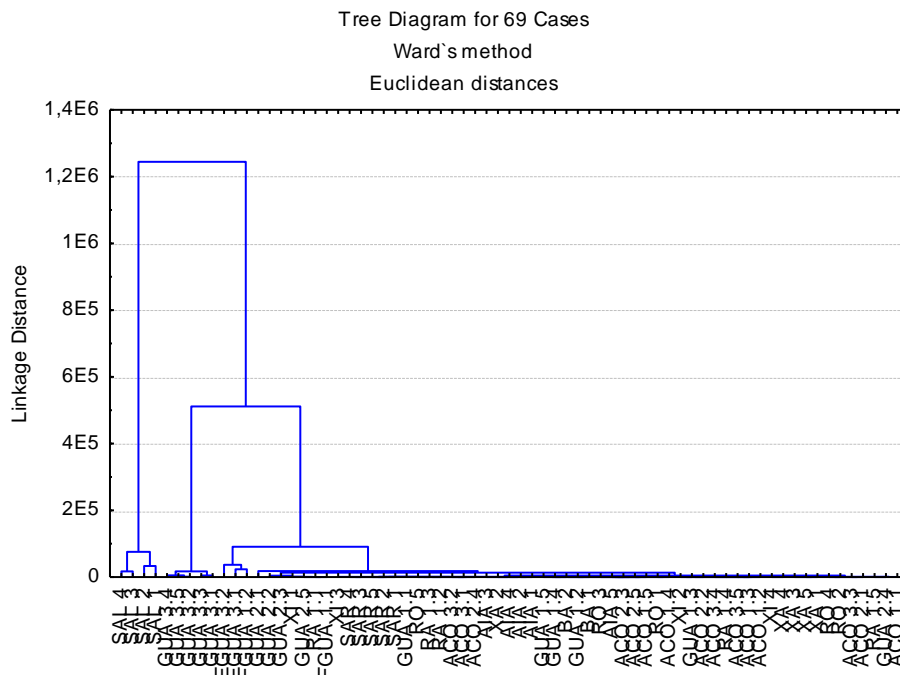
Gráfico 19 – Componentes principal e secundária



A PC2 explica 15,28% da variabilidade dos 23 componentes iniciais e as variáveis que apresentaram os maiores pesos foram os ácido α -linolênico (ALA), ácido linoléico (LA) e a $\Sigma\omega$ -6. Esta componente provoca a separação entre as amostras do Grupo 1 e os dos Grupo 2 e 3 sendo que o Grupo 1 apresenta valor mediano da relação ω 6/ ω 3 e o Grupo 2 os maiores valores.

A análise de agrupamento hierárquico (HCA), também foi realizada com 68 amostras e 22 variáveis. O dendrograma gerado, Gráfico 20, demonstrou que existe um grupo formado por amostras de músculo do peixe Guaricema (M-GUA), ariacó (ACO), (ARR) e salmão (SAL) que são bastantes dissimilares das outras amostras de peixe.

Gráfico 20 - Dendrograma



7.0 – Conclusões

A determinação do índice de qualidade de um peixe, atualmente, é feita por vários critérios que envolvem a análise microbiológica, pela medida do valor do pH de sua carne, pelo índice de componentes químicos a exemplo da trimetilamina, de amins biogênicas (histidina, putrescina, entre outras) e acrescentamos do seu perfil lipídico. Por outro lado, o conhecimento da composição qualitativa e quantitativa de ácidos graxos nos músculos de peixes consumido em escala elevada pela população do nosso estado, principalmente a razão de ácidos graxos poliinsaturados, é de grande importância para a formulação de dietas balanceadas e saudáveis e, para definição de procedimentos técnicos para indústrias de processamento de peixes, com objetivo de estabelecer controle de qualidade e aproveitamento maximizado dos seus componentes benéficos à saúde humana.

Assim a partir dos resultados obtidos neste estudo, com relação aos peixes de água salgada da Baía de Todos os Santos e de uma espécie de salmão concluímos que:

- A metodologia utilizada mostrou-se adequada para análise dos ácidos graxos nas amostras de peixe;
- Os dezenove ácidos graxos analisados constituíram um excelente perfil lipídico para as dez espécies de peixes deste estudo;
- A composição em ácidos graxos da série ômega 3 (ácido eicosapentaenóico e o ácido α -linolênico) elegeram as espécies analisadas como importante fonte deste ácidos graxos;
- A composição em ácidos graxos da série ômega 6 permite sugerir a sua inclusão como critérios para estabelecimento de dietas preventivas de patologias pelo consumo deste peixes;

- Os valores das relações entre os ácidos graxos da série ômega 6 e da série ômega 3 em todas as espécies de peixes analisadas, contribuirão na recomendação visando uma melhor utilização deste ácidos em proporção adequada no elo dieta-saúde e hábitos alimentares benéficos;
- A porção do músculo dorsal escuro da espécie do peixe guaricema apresentou elevadíssimos valores de concentrações de todos os dezenove ácidos graxos analisados neste estudo tornando uma rica fonte de lipídeos;
- A necessidade de programar uma futura linha de pesquisa com o músculo dorsal escuro da espécie guaricema com objetivos de identificação e quantificação total dos ácidos graxos da sua composição visando o beneficiamento industrial;
- As espécies de peixes analisadas e que estão entre as mais consumidas pela população do nosso estado merecem maior atenção entre os profissionais envolvidos com estabelecimentos de padrões referenciais de consumo e dietas saudáveis.

- **SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS**

- Realizar acompanhamento sazonal das espécies de peixe com o objetivo de identificar qual a melhor época do ano para o seu consumo, enquanto alimento saudável;
- programação de estudos mais detalhado com o músculo dorsal escuro da espécie guiaricema e o seu beneficiamento visando a extração dos ácidos graxos

8.0 -- Referências

- AGUIAR, A.C. de et al. Quantification of alpha-linolenic acid in stems and leaves of flax (*Linus usitatissimum*, L.) harvested in different stages of development. **Ciênc. Agrotec.** v. 34, n. 6, p. 1500-1506. Lavras, 2010.
- AKPINAR, Mehmet A.; GÖRGÜN, S.; AKPINAR, Ali M. A comparative analysis of the fatty acids profiles in the liver and muscles of male and female *Salmo trutta macrostigma*. **Food Chemistry.** v. 112, p. 6-8. 2009
- ANDRADE, G de Q.; BISPO. E. da S.; DRUZIAN, J.I. Quality evaluate nutritional the fishes more consumed in State of Bahia – Brazil. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 29, n. 4, p. 721-726. Campinas, 2009
- ANDRADE, P. de M. M.; CARMO, M. das G. T. do. N-3 fatty acids: a link between eicosanoids, inflammation immunity. **MN METABÓLICA.** v. 8, n. 3, p. 135-143. São Paulo, 2006
- ANGELIS, Rebeca Carlota de. Novos Conceitos em Nutrição. Reflexões a respeito do elo dieta e saúde. **Arq Gastroenterol.** v. 38, n. 4, out/dez, 2001.
- ANGELO, Juliana Francisco de. **Aplicação de projeto experimental ótimo à reação de interesterificação de estearina de palma com óleo de linhaça.** 2007. 100p. (Mestrado em Engenharia

Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

- ASSIS, Maria A. A. e NAHAS, Marcus V. Motivational aspect in programs of nutritional behavior changes. **Rev. Nutr.** v. 12, n.1, p.33-41. Campinas, jan/abr, 1999.
- BARBOSA, K. B. F. et al. Omega-3 and 6 fatty acids and implications on human health. **Nutrire: rev. Soc. Bras. Alm. Nutr. = J. Brazilian Soc. Bras. Food Nutr.** v. 32, n. 2, p. 129-145. Ago. 2007.
- BARROSO, M. V. et al. Nutritive value for some ingredients for snook (*Centropomus parallelus*). **R. Bras. Zootec.** V. 31, n. 6, p. 2157-2164. 2002
- BERG, Jeremy Mark; TYMOCZKO, John L.; STRYER, Lubert. **Bioquímica.** Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2008.
- BRAGAGNOLO, Neura e RODRIGUEZ-AMAYA, Délia. Optimization of cholesterol determination by HPLC and levels of cholesterol, TC, fatty acids of the pink shrimp (*Penaeus brasilliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v. 17, n. 3. Campinas, sep/dec. 1997
- BRAGAGNOLO, Neura e RODRIGUEZ-AMAYA, Délia. Cholesterol total lipids and fatty acids in cuts of pork. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v. 22, n. 1, p. 98-104. Campinas, jan/abr. 2002

- BRAGAGNOLO, Neura. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNES SUÍNA, 2ª., 2001, Concórdia/SC. **Anais eletrônico.** Concórdia/SC, 2001. Disponível em: www.cnpsa.embrapa.br/sgc . Acesso em: 05 de março de 2012
- BRESSAN, Maria C. et al. Fat acids composition of the capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris*, L. 1766) commercial cuts. **Cenci agrotec.** v. 28, n. 6, p. 1352-1359. Lavras. 2004
- BURR, G. O.; BURR, M. M. A new deficiency disease produced by rigid exclusion of fat from the diet. **J. Biol. Chem.** v. 82, n. 2, p.345-367. 1929.
- CARMO, M. C. N. e CORREIA, M. I. T. D. The role of Omega-3 fatty acids in cancer. **Revista Brasileira de Cancerologia.** v. 55, n. 3, p. 279-287. 2009.
- CASOTTI, L. **À mesa com a família. Um estudo do comportamento do consumidor de alimentos.** Rio de Janeiro. Ed. Mauad. 2002. 160p.
- CASTRO-GONZALEZ, M. I. Ácidos graxos ômega 3: benefícios y fuentes. **Interciencia.** v. 27, n. 3, Caracas, mar. 2002.

- CAVENDISH, Thaís A. et al. Fatty acid composition of hydrogenated or interesterified margarines. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 30, n. 1. Campinas. 2009
- CLEMENTE, M das G. et ali. Fatty acids profile of “bottled butter fat” produced in the region of Salinas, Minas Gerais. **Ciênc. Agrotec.** v. 33; n. 6; p. 1615-1620. Lavras, 2009.
- COSTA, A. G. V. e SABARENSE, C. M. Modulation and composition of fatty acids in human milk. **Rev. Nutr.** v. 23, n. 3, p. 445-457. Campinas. mai/jun, 2010.
- COSTA, P. F. da et al. Fatty acids profile of pulp and nuts of brazilian fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v. 31, n. 4, p. 950-954. Campinas. 2011
- COSTA, R. G. et al. Lipid profile of lamb from meat from different genotypes submitted to diets with different energy levels. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v. 38, n. 3, p. 532-538. 2009.
- CURI, Rui et al. Ciclo de Krebs como fator limitante na utilização de ácidos graxos durante o exercício aeróbico. **Arq Bras Endocrinol Metab.** v. 47, n. 2, p. 135-143. São Paulo. 2002
- DAVIDSON, B.C and CANTRILL, R.C. Fatty acids nomenclature. **S.Afr. Med. J.** v. 67, p. 633-634. 1985

- DE MORAIS, Michele Greque e COSTA, Jorge Alberto Vieira. Fatty acids profile of microalgae cultured with carbon dioxide. **Ciênc. Agrotec.** v. 32, n. 4, p. 1245-1251. Lavras. Jul/ago., 2008.
- DE OLIVEIRA, Julicristie Machado. **Efeitos dos ácidos graxos ômega-3 de origem marinha em parâmetros bioquímicos antropométricos e inflamatórios de adultos que vivem com HIV em terapia antirretroviral: revisão da literatura e ensaio clínico.** 2011. 63p. (Doutorado em Nutrição em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- DENARDI, Daniela Cristiane Ferrari. **Efeito da dieta, estatina e ácidos graxos ômega-3 sobre a pressão arterial e a lipídemia em humanos.** 2007. 84p. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- DRUZIAN, Janice I.; MARCHESI, Cristiane M. e SCAMPARINI, Adilma R. P. Fatty acid profile and proximate composition of carp (*Cyprinus carpio*) feed artificial food and pig manure. **Ciência Rural.** v. 37, n. 2, p. 530-544. Santa Maria, mar/abr. 2007
- FAGUNDES, Luiz Alberto. **Ômega-3 & Ômega-6. O equilíbrio dos ácidos gordurosos essenciais na prevenção de doenças.** Porto Alegre: Editora AGE, 2002
- FAULHAUBER, C. A importância de um sistema de Inspeção e Controle de Qualidade dos Produtos da Pesca. In: **Seminário sobre**

controle de qualidade na indústria de pescado. Santos 1988.
Anais. Leopoldina.

- FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá – aproveitamento das sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura.** v. 26, n. 1, p. 101-102. Jaboticabal. Abril, 2004.
- FORNAZZARI, Iris M. et al. Fatty acid Omega 3 and the health human being. **V Semana de Tecnologia em Alimentos.** v. 02, n. 01. Ponta Grossa. 2007
- FURUYA, Wilson, M. et al. Centesimal composition and fatty acids profile of freshwater prawn. **R. Bras. Zootec.** v. 35, v. 4, p. 1577-1580. 2006
- GARÓFOLO, A.; PETRILLI, A.S. Omega-3 and fatty acids balance in inflammatory response in patients with cancer and cachexia. **Revista de Nutrição,** Campinas, v. 19, n. 5, set/out 2006.
- GÓMEZ, Maria Elena de los Dolores Bernal. **Modulação da Composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta.I. Estabilidade oxidativa.** 2003. Tese (Doutorado em Bromatologia) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003
- GUNSTONE, F. D. **Lipids for Functional Foods and Nutraceuticals.** Oily Press. Bridgwater. UK. 2004

- GUTIERREZ, L. E.; da SILVA, R.C.M. Fatty acid composition of commercially important fish from Brazil. **Sci.Agric.** v. 50, n. 3, p. 478-483, out/dez., 1993.
- HENDERSON, J. Fatty acids metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. **Arch. Animal Nutr.** v. 49, p. 5-22. 1996
- JARDIM, Nilo S. et al. Lipid content of fatty acids of capybara meat (*Hydrochaeris hydrochaeris*). **Ciênc. Agrotec.** v. 27, n. 3, p. 651-657, Lavras. Mai/jun. 2003.
- JARDINI, F. A.; MANCINI FILHO, J. Centesimal composition and profile of the fatty acids of pomegranate (*Punica granatum*, L.) cultivated in Brazil. **Hig. Alimt.** v. 21, n. 148, p. 81-85, São Paulo. jan-fev. 2007.
- KROMHOUT, D. et al. Fish oil and Omega-3 fatty acids in cardiovascular disease: do they really work? **European Heart Journal Advances.** September, 2011. <Disponível em: <http://eyrheartj.oxfordjournals.org/>> . Acesso em: 09 fev. 2012
- KUS, Mahyara Markievicz Mancio. **Determinação de ácidos graxos poliinsaturados em fórmulas infantis: comparação de metodologias na análise por cromatografia em fase gasosa.** 2009. 196p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

- LAGO, Regina C. A. Lipídeos em grãos de café. **Boletim CEPPA**. v. 19, n. 2, p. 319-340, Curitiba. jul-dez. 2001
- LAWRENSON, Doug. Diferença entre o Omega 3 e Omega 6. **Fórum Hipertrofia.org**. Disponível em: <http://www.hipertrofia.org/forum/topic/38284-diferenca-entre-o-omega-3-e-omega-6>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2012
- 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.
- LIMA, Antônio C.; GARCIA, Nelson, H. P.; LIMA, Janice R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **Boletim CEPPA**. v. 22, n. 1, p. 133-44. jan/jun. 2004
- LIMA DE SOUZA, H. A. et al. Physical and nutritional characterization and lipid profile of three amazon fish species. **Revista Brasileira de Tecnologia Industrial**. v.4, n. 2. 2010.
- LIRA, Giselda M. et al. Fatty acids composition, chemical centesimal composition and caloric value in raw and boiled mollusks with milkcconut in the city of Maceió, Alagoas, Brazil. **Rev. Bras. Cienc. Farm./Braz. J. Pharm. Sci.** v. 40, n. 4, p.529-537. out/dez. 2004
- LOPES, WILSON A. **Determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos associados ao material particulado**

- atmosférico**. 2007. 184p. Tese. (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia. Salvador. Bahia, 2007.
- LUQUE, J. L. e ALVES, D. R. Community ecology of metazoan parasites of the crevalle Jack, *Carans hippos* (linnaeus) and the horse-eye jack, *Caranx latus* Agassiz (Osteichthyes, Carangidae) from the coastal zone of the Rio de Janeiro, Brazil. **Revta Bras. Zool.** v. 18, n. 2, p. 399-410. 2001
 - MAIA E. L. et al. Proteinate, fatty acid and amino acid composition of the Brazilian fresh-water fish *Prochilodus scrofa*. **Food Chem.** v.42, p. 275-286. 1983
 - MAIA, E. L. **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídeos e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce**.1992.Tese. (Doutorado) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. São Paulo. 1992.
 - MARTIN, CLAYTON A. et al. Omega-3 and Omega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods. **Rev. Nutr.** v. 19; n. 6; p. 761-770. Campinas. Nov/dez. 2006
 - MARTINS, M. B et al. Properties of Omega-3 polyunsaturated fatty acids obtained of fish oil and flaxseed oil. **Rev Inst Ciênc Saúde.** v. 26, n. 2, p. 153-6, jun. 2008.

- MOITA NETO, J. M. e MOITA G. C. An introduction analysis exploratory multivariate data. **Química Nova**. V. 21, n.4., p.467-469. 1998.
- MOITA NETO, J. M. Estatística Multivariada: uma visão didático-metodológica. Disponível em: www.citicanarede.com/cien_estatistica.html. Acesso em 02.11.2012
- MONTEIRO, A. G. D. P. et al. Avaliação do perfil lipídico de peixes cavernícolas. In: XXX Congresso Brasileiro de Espeleologia. 2009, Montes Claros – MG. **Anais...** Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2009. p.133-137.
- MONTEIRO, Vânia Cláudia Barros. **Avaliação do estresse oxidativo em humanos e em animais suplementados com ácidos graxos poliinsaturados Omega-3**. 2007. 98p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- MORAES, Fernanda P. e COLLA, Luciane M. Functional foods and nutraceuticals: definition, legislation and health benefits. **Revista Eletrônica de Farmácia**. V.3, n. 2, p. 109-122. 2006
- MORAIS, D.R. et al. Evaluation of lipid extraction and fatty acids composition of human plasma. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**. v. 36, n. 6, p. 439-443. Maringá. 2010
- MOREIRA, A. B. et. al. Composition of fatty acids and lipid level in head fish species: matrinxã (B. cephalus), Piraputanga (B.

microlepis) e Piracanjuba (*B. orbignyanus*), cultivated in different environments. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, n. 2, Campinas. mai/ago, 2003.

- MOURA, Juliana M. L. N. de et al. Optimization of the production conditions of ethyl esters from fish oil with high content of ω -3 long chain fatty acids. **Quim. Nova**. v. 29, n. 5, p. 956-959. 2006
- NELSON, David L.; COX, Michael M. **Lehninger Princípios de Bioquímica**. São Paulo; SARVIER, 2002 .
- NETO, P. L. S. et al. Fatal poisoning caused by puffer fish (tetrodontidae): report of a case involving a child. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 43, n. 1, p. 92-94, jan-fev. 2010
- NOMURA, H. **Dicionário dos peixes do Brasil**. Editerra Editorial. Brasília, 1984.
- NOVELLO, D.; FRANCESCHINI, P.; QUINTILIANO, D.A. The ω -3 and ω -6 fatty acids importance for disease prevention and in the human health. **Revista Salus**. v. 2, n. 1, p. 77-87. Guarapuava, jan/jun. 2008
- OETTERER, M. et al. Monitoring the sardine (*Sardinella brasiliensis*) fermentation process to obtain anchovies. **Scientia Agricola**. v. 60, n. 3, p. 511-517. Jul/sept. 2003.
- OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Ed. Agropecuária. Guaíba, 2002

- OLIVEIRA, D. D. de, et al. Effects of the use of soybean oil and animal fat in the diet of laying hens on production performance and egg quality. **Ciênc. Agrotec.** v. 35, n. 5, p. 995-1001. Lavras. set/out, 2011.
- OLIVEIRA, F. R. de et al. Efeito do beneficiamento sobre o valor nutricional do peixe mandim (*Arius spixii*). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas.** v. 44, n. 4, out/dez., 2008
- PACHECO, Selma Guidorizzi Antonio. **Estabilidade oxidativa de óleo de peixe encapsulado e acondicionado em diferentes tipos de embalagem em condição ambiente.** 2005.63 p. Dissertação (Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- PARISENTI, JANE; TRAMONTE, V.L.C.G.; ARELLANO, D.B. Fatty acids and sterol composition of oyster cultivated in two seasons of the year in Florianopolis – SC, city-Brazil. **Ciênc.Tecnol.Aliment.** v. 30, n. 1, p. 73-76, Campinas. Maio, 2010.
- PATIN, Rose V. et al. The influence of sardine consumption on the omega-3 fatty acids content of mature human milk. **Jornal de Pediatria.** v. 82, n. 01, p. 63-69. 2006
- PEREIRA, A. A. F.; TENUTA-FILHO, A. Avaliação de condições de consumo da sardinha - *Sardinella brasiliensis*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v. 25,n. 4, p. 720-725, out-dez. 2005.

- PEREIRA, K. C. **Estudo Tecnológico de Conservação e Processamento de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação. (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1997
- PESCADOR, Rosane. **Aspectos nutricionais dos lipídeos no peixe: uma revisão e literatura**. 2006. 69p. (Especialista em Gastronomia e Segurança Alimentar) – Centro de Excelência em Turismo, Universidade de Brasília, Brasília, setembro, 2006.
- POTENÇA, A., et al. Lipidic profile and tenderness of thigh and drumstick meat of broilers fed diets supplemented with different lipid sources. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, n. 8, p. 1774-1783. 2010.
- QUEIROGA, RITA de C. R. do E. et al. Effects of flock management, milking sanitary conditions and lactation stage on Milk composition of Saanen goats. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36, n.,2, p. 430-437. Paraíba. 2007.
- RAMOS FILHO, M. M. et ali. Lipid profile of four species of fish from the pantanal region of Mato Grosso do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, n. 2, p. 361-365, abr-jun. Campinas, 2008
- RIBEIRO, P. A. P. et al. Lipid profile and chemical composition of Nile tilapia under different raising conditions. **Rev.Bras.Saúde Prod**. v. 12, n. 1, p. 199-208, jan/mar, 2011.

- ROCHA, L.O. da e COSTA, P. A.S. **Manual de Identificação de Peixes Marinhos para a Costa Central**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> . Acesso em: 26.11.2012
- RODRIGUES, V. C. et al. Fatty acids in meat of buffalo and beef cattle from castrated and Young bulls animals. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 33, n. 2, p. 434-443. 2004
- ROSE, D. P.; CONOLLY, J.M. Omega-3 fatty acids as cancer chemo preventive agents. **Pharmacology&Therapeutics**. v. 83, p. 217-244. 1999
- ROSSATO, L. V. et al. Lipid composition of meat from zebu and taurine cattle finished in confinement. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, n. 9, p. 1841-1846. 2009.
- RUSTAN, A.C. and DREVON, C.A. Fatty acids: structures and properties. **Encyclopedia of Lifes Sciences@2005**. Disponível em: www.els.net/WileyCDA/ . Acesso em: 16.11.2012
- SABRY, M. O.; SÁ, M. L. B.; SAMPAIO, H. A. C. Paleolithic diet in the prevention of chronic diseases. **J. Brazillian Soc. Food Nutr.** v. 36, n. 1, p. 111-127, abr. 2010
- SALDANHA, Tatiana. **Fatores que influenciam a formação de óxidos de colesterol em produtos marinhos ricos em ácidos graxos poliinsaturados**. 2006. 48p. (Mestre em Ciência e

Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

- SANTOS, Lis E. S. e BORTO-LOZO, Eliana A. F. Q. Omega 3 intake: considerations on the potencial benefits lipid metabolism. **Publ. UEPG Ci. Exata Terra. Agr. Eng.** v. 14, n. 2, p.161-170. Ponta Grossa, ago. 2008.
- SCHACKER, R. L. **Avaliação do perfil dos ácidos graxos da série ômega 3 em mexilhões da espécie *Perna-perna* (L.) por cromatografia gasosa e espectrometria de massas.** (Mestrado – Mestre em Química) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas/Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007
- SCHIMIDT, M. A. **Gorduras Inteligentes: como as gorduras e os óleos da dieta afetam as inteligências.** Editora Roca LTDA. São Paulo. 2000.
- SILVA, F. A. M. et al. Methods for evaluation of the degree of lipid oxidation and the antioxidant activity. **Química Nova.** v. 22, n. 1, p. 94-113. 1999.
- SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **Am. J. Clin. Nutr.** v. 4, p. 438-463. 1991.

- SIMOPOULOS, A. P. et al. Essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Annals of Nutrition and Metabolism**. v. 43, p. 127-130. 1999
- SIMOPOULOS, A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine & Pharmacotherapy**. v. 56, n. 8, p. 365-379. 2002
- SIMOPOULOS, A. P. Health effects of Omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Annu. Ver. Public. Health**. Jun. 2005. Disponível em: <http://www.annualreviews.org>. Acesso em: 12 ago 2012
- SIMOPOULOS, A. P. Nutrigenetics/Nutrigenomics. **Annu. Ver. Public. Health**. January. 2010. Disponível em: <http://www.annualreviews.org>. Acesso em: 15 fev 2012
- SOUZA, Hugo A. L. de; et al. Physical and nutritional characterization and lipid profile of three Amazon fish species. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 04, n. 2, p. 141-152. Ponta Grossa, 2008
- SOUZA, Maria G. de; ANIDO, Rodrigo, J.V.; TOGNON, Francielle C. Fatty acids Omega-3 and Omega-6 in fish nutrition – sources and relations. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v. 6, n. 1, p. 63-71. Lages. 2007
- STEVANATO, F.B et al. Fatty acids and nutrients in the flours made from tilapia (*Oreochromis niloticus*) heads. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. v. 28, n. 2, p. 440-443. Campinas, abr-jun. 2007

- SUÁREZ-MAHECHA, Hector et al. Importance of polyunsaturated fatty acids present in pond-reared and wild fish for human nutrition. **Boletim do Instituto de Pesca.** v. 28, n.1, p. 101-110, São Paulo, 2002.
- SZPILMAN, Marcelo. **Peixes Marinhos do Brasil. Guia prático de identificação.** Rio de Janeiro. Ed. Mauad. 2000. 288p.
- TANEGA, Amit and SINGH, Harjinder. Challenges for the delivery of long-chain n-3 fatty acids in functional foods. **Annu. Rev. Food Sci. Technol.** Disponível em: <<http://www.annualreviews.org>>. Acesso em: 02 set 2012
- TARLEY, C. R. T. et al. Proximate composition, cholesterol and fatty acids profile of canned sardines (*Sardinella brasiliensis*) and soybean oil and tomato souce. **Food Chemistry.** v. 88; p. 1-6. 2004
- TINOCO, Sandra M. B. et al. The importance of essential fatty acids and the effect of trans fatty acids in human Milk on fetal and neonatal development. **Cad. Saúde Pública.** v. 23, n. 3, p. 525-534. Rio de Janeiro. mar, 2007
- 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

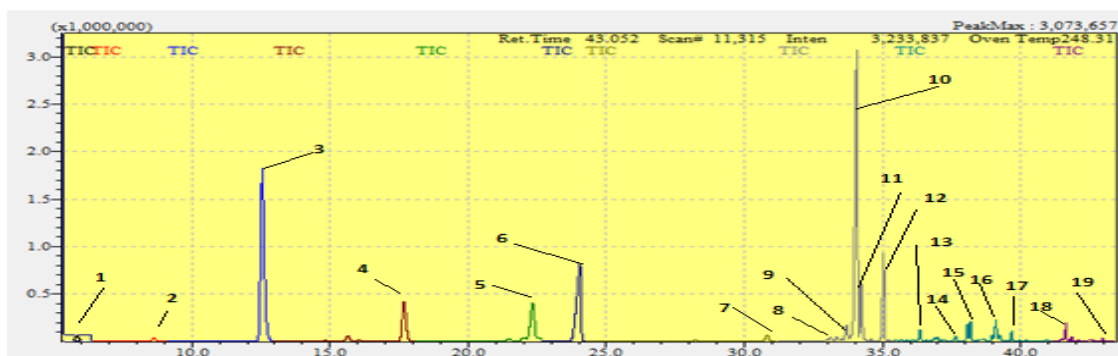
- TUCCI, M. L. S. et al. Teores de gordura e ácidos graxos de clones de cacau nas condições do Vale do Ribeiro (SP). **Bragantia**. v. 55, n. 2, p. 207-213, Campinas. 1996
- ULBRICHT, T. L. V. and SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**. v. 338, n. 8773, p. 985-992. 1991.
- VELOSO, MÁRCIA C. da C. **COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS E ÁCIDOS GRAXOS EM PEIXES MARINHOS**. 2005. (Doutorado em Ciências) – Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005
- VERRUMA, M. R.; SALGADO, J. M. Chemical analysis of buffalo Milk in relation to cow milk. **Sci. Agric**. v. 51, n. 1, p. 131-137, Piracicaba. jan/abr., 1994
- VIANA, Z. C. V. et al. Absorption study of chemical elements muscle in fish of the coast Bahia. **R. ci. Med. Boil**. v. 11, n. 1, p. 27-34. Jan./abr. 2012.
- VIANNI, R. e BRAZ-FILHO, R. Natural fatty acids: importance and occurrence in food. **Química Nova**. V. 19, n.4, p. 400-4007. 1996
- VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; de PAULA, A. C. O. Composição centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de sojas destinadas à alimentação humana. **Pesq. Agropec. Bras**. v. 34, n. 7, p. 1277-1283, Brasília. jul. 1999.

- VISENTAINER, J. V.; et al. Concentração de ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA) em peixes marinhos da costa brasileira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2000
- VISENTAINER, J. V.; FRANCO, M. R. B. Ácidos graxos em peixes: implicações nutricionais e aspectos analíticos no Brasil. **Publivet**. v. 1, n. 5, Campinas, 2007.
- VISENTAINER, Jeane Eliete Laguila. Analysis of fatty acids in human plasma. **Rev Bras Hematol Hemoter**. v. 32, n. 6, p. 431-432. 2010.
- VIZUETE, A. F. K. **Efeito da dieta cetogênica com diferentes composições de ácidos graxos poliinsaturados no metabolismo periférico e neuroglial de ratos Wistar**. (Mestrado em Bioquímica) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012
- YEHUDA, S. et al. The role of polyunsaturated fatty acids in restoring the aging neuronal membrane. **Neurobiology of Aging**. v. 23, p. 843-853. 2002
- WAITZBERG, Dan L. **Ômega-3 o que existe de concreto? Departamento de Gastroenterologia da FMUSP**. São Paulo. Disponível em: <
<http://www.nutritotal.com.br/publicações/files/644--monografiaomega3.pdf>>. Acesso em: 01 de setembro de 2012

- ZELATA, Adel A. et al. The fatty acid composition of phospholipids of spermatozoa from infertile patients. **Molecular Human Reproduction.** v. 4, n. 2, p. 11-118. 1998

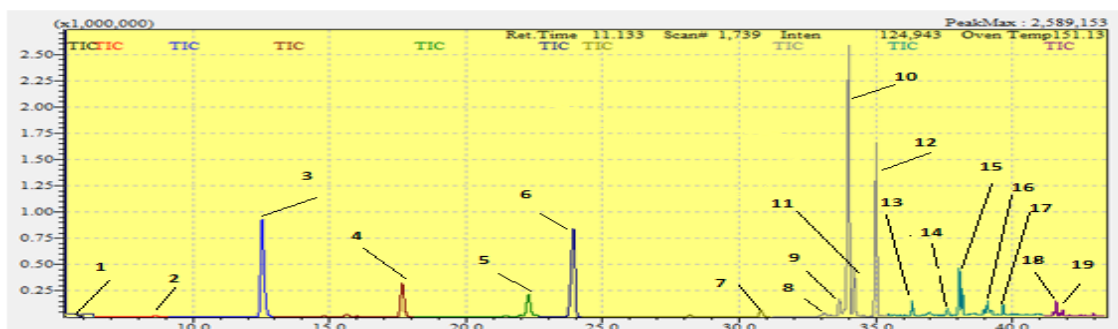
A N E X O – Cromatogramas

Figura 35 - Cromatograma dos ácidos graxos no peixe ariacó (CG-EM/SCAN).



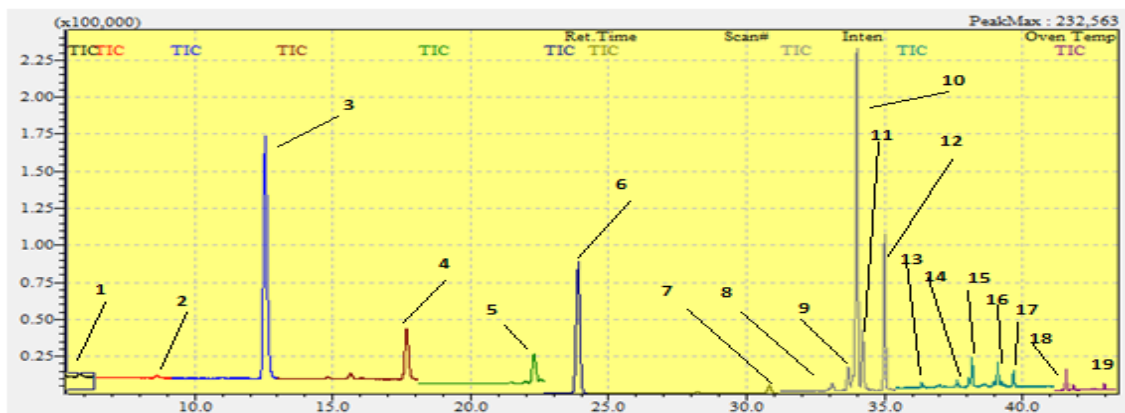
Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA), 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúico ω -9 (ERA).

Figura 36 - Cromatograma dos ácidos graxos no peixe baiacu (CG-EM/SCAN).



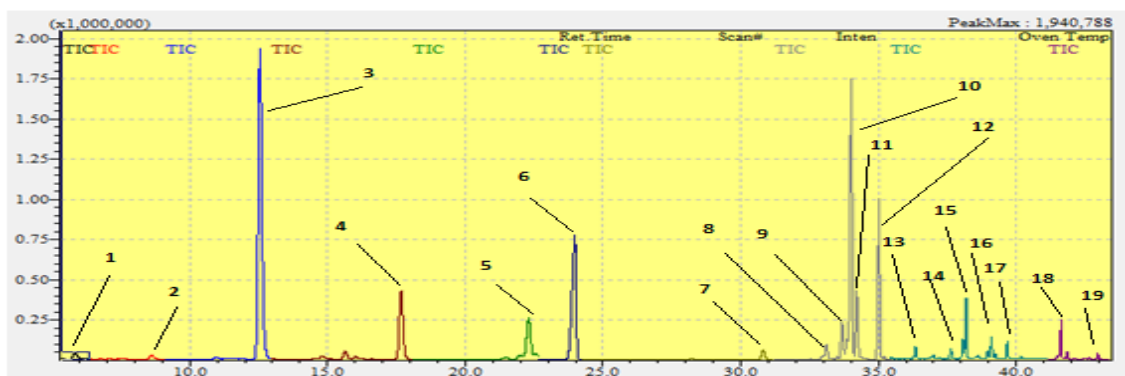
Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA), 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúico ω -9 (ERA).

Figura 37 - Cromatograma dos ácidos graxos no músculo do peixe guaricema 1 (CG-EM/SCAN).



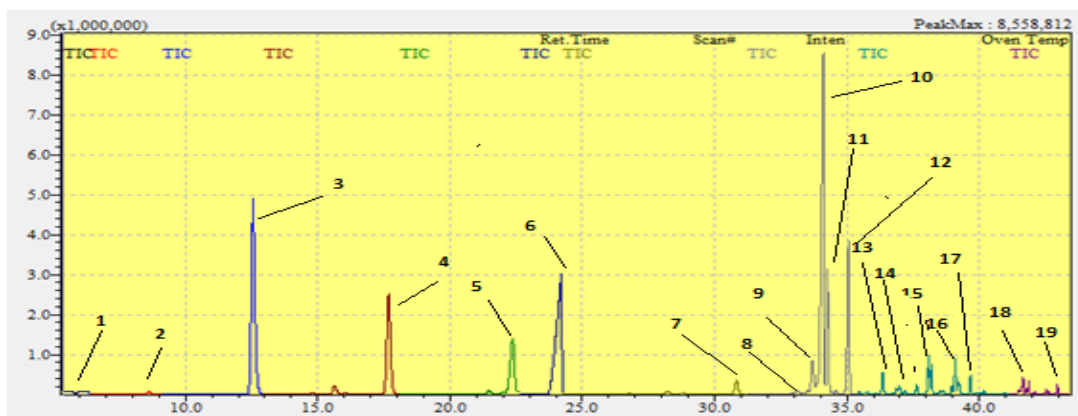
Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA) 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúico ω -9 (ERA).

Figura 38 -. Cromatograma dos ácidos graxos no peixe guaricema 2 (CG-EM/SCAN).



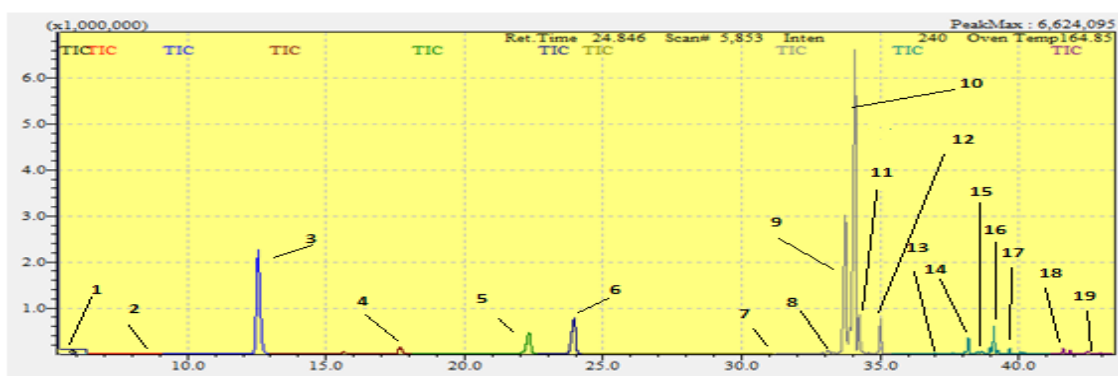
Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA) 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúico ω -9 (ERA).

Figura 39 - Cromatograma dos ácidos graxos no peixe robalo (CG-EM/SCAN).



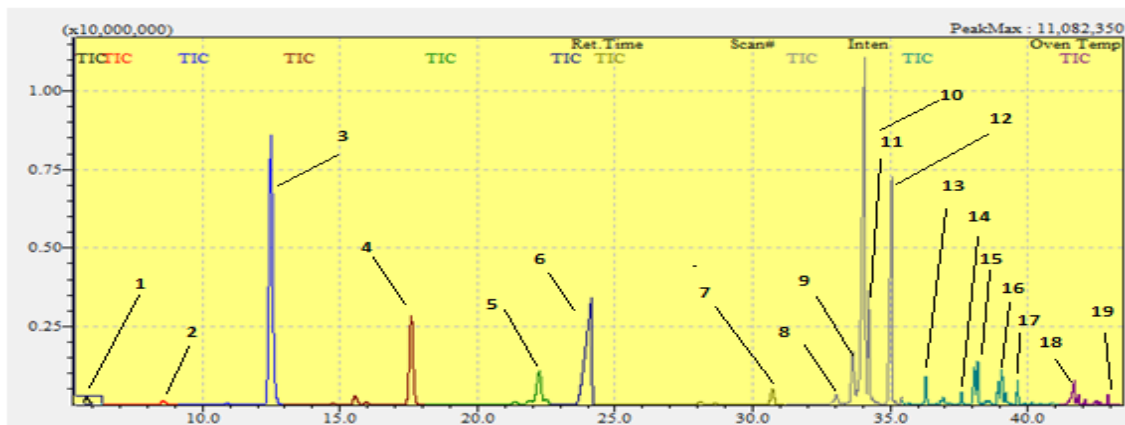
Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA) 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúico ω -9 (ERA).

Figura 40 - Cromatograma dos ácidos graxos no peixe salmão (CG-EM/SCAN).



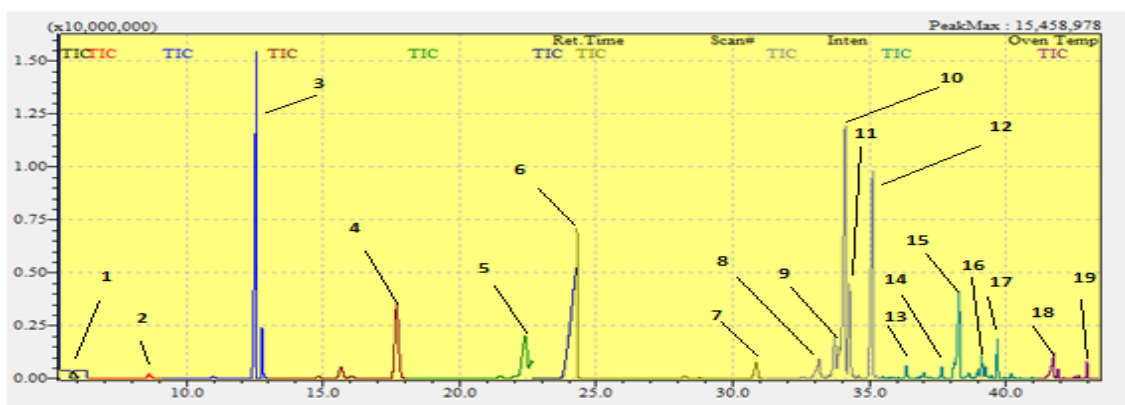
Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA) 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúico ω -9 (ERA).

Figura 41 - Cromatograma dos ácidos graxos no peixe xaréu (CG-EM/SCAN).



Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA) 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúico ω -9 (ERA).

Figura 42 - Cromatograma dos ácidos graxos no peixe xixarro (CG-EM/SCAN).



Volume injetado: 1 μL de solução padrão 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, coluna Elite-5 MS (Perkin Elmer); Identificação dos picos: 1 - Ácido caprílico (CLA), 2 - Ácido cáprico (CPA), 3 - Ácido láurico (LAA), 4 - Ácido tridecanóico (TDA), 5 - Ácido miristoléico (MIA), 6 - Ácido mirístico (MRA), 7 - Ácido pentadecanóico (PDA), 8 - Ácido linoléico ω -6 (LA), 9 - Ácido α -linolênico ω -3 (ALA), 10 - Ácido oléico (OLA), 11 - Ácido elaídico (ELA), 12 - Ácido esteárico (ESA), 13 - Ácido araquidônico ω -6 (AA) 14 - Ácido eicosapentaenóico ω -3 (EPA), 15 - Ácido eicosaenóico (EIA), 16 - Ácido araquídico (ARA), 17 - Ácido heneicosaeenóico (HEA), 18 - Ácido behênico (BHA), 19 - Ácido erúico ω -9 (ERA).