

CLÁUDIA ANTÔNIA ALCÂNTARA AMARAL

**INFLUÊNCIA DE PROCESSOS DE COCÇÃO NO
PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DOS FILÉS DE
MERLUZA (*Merluccius hubbsi*) E PESCADA-
BRANCA (*Cynoscion leiarchus*)**

Faculdade de Farmácia da UFMG

Belo Horizonte, MG

2014

CLÁUDIA ANTÔNIA ALCÂNTARA AMARAL

**INFLUÊNCIA DE PROCESSOS DE COCÇÃO NO
PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DOS FILÉS DE
MERLUZA (*Merluccius hubbsi*) E PESCADA-
BRANCA (*Cynoscion leiarchus*)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito
parcial à obtenção do grau de Doutora em Ciência de
Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Gonçalves Junqueira

Coorientador: Prof. Dr. Mauricio Xavier Coutrim

Faculdade de Farmácia da UFMG

Belo Horizonte, MG

2014

FOLHA DE APROVAÇÃO

[A ser substituída pela versão definitiva após a defesa, no momento da reprodução e encadernação. Será fornecida pela Secretaria do Programa]

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PPGCA) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais (FAFAR/UFMG).

À Universidade Federal de Ouro Preto, Laboratório de Caracterização Molecular e Espectrometria de Massas (Departamento de Química), Laboratório de Técnica Dietética e de Bromatologia (Departamento de Alimentos), em especial ao ex-reitor Prof. Dr. João Luiz Martins e ex-vice-reitor Prof. Dr. Antenor Rodrigues Barbosa Júnior pelo apoio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

À Pro-Reitoria de Pesquisa da UFOP, pela bolsa de pesquisa de Iniciação Científica.

AGRADECIMENTOS PESSOAIS

Agradecimento: “[De agradecer + - imento]. S.m.1. Ato ou efeito de agradecer. 2. Gratidão, reconhecimento. 3. Palavras ou fatos com que o agradecimento se manifesta...” (Ferreira, A. B. H., 2004).

Minha definição de agradecimento vai além de um muito obrigado! O apoio emocional, o ombro amigo, a paciência, os ensinamentos, a compreensão nos momentos de estresse, o material emprestado, as sugestões, as infinitas manifestações de coleguismo, de amizade, de fraternidade, de companheirismo, de amor e de doação foram neste momento cruciais na minha vida profissional e pessoal. Manifestações que me fizeram principalmente uma pessoa melhor, compreendendo que a ciência não significa nada sem primeiramente praticarmos nossa essência enquanto ser humano!!!

Aos meus amigos e professores Dennys Esper Correa Cintra, Eliane Garcia Rezende, Valéria Cristina Ribeiro Vieira e Marcos Coelho Bissoli, vocês foram os primeiros a compartilharam meus anseios em busca do conhecimento científico.

Dennys! Por toda a sua dedicação e empenho em ajudar, a iluminar meus caminhos escuros, por acreditar em mim, por ser essa pessoa grandiosa do qual o mundo precisa: essa vitória é para você, meu amigo ímpar e meu professor! Amo você infinitamente!

A Paulo, meu eterno namorado...pelo seu amor! Especialmente a você peço-lhe desculpas pelas palavras não ditas nas horas certas!

A Davi, meu filho querido...pela compreensão nas ausências!

Aos meus irmãos, Meiry, Daniel e Leonardo...pelo apoio incondicional!

A minha mãe Terezinha...pela simplicidade e pelo orgulho de me ver buscando este título!

Aos meus sobrinhos, Isaac, Patrícia, Ismael, Isis, Rafael, Sofia, Júlia, Elisa, Victor, André e Carol, pelo apoio a Tia Cláudia, pelas brincadeiras e cuidados com Davi. Amo vocês.

A minha cunhada Cristina, pela amizade!

A minha ex-cunhada Mercês, pelas horas de conversas como amiga e muitas vezes psicóloga, decifrando minhas ansiedades e desejos!

A Bruna, Renata e Gabriel e a Tia Cida, pelo amor e carinho pelo Davi!

Aos irmãos e cunhadas de Paulo, Tio Ricardo, Tia Adriane, Tio Luiz, Tia Regina, por amarem nosso filho Davi e nos ajudar em tantos momentos difíceis!

A Katellyn, minha cunhada, pelo apoio e torcida!

A minha “secretária” Ronilda e sua filha Raiane pelo apoio!

Aos meus amigos e colegas de profissão Cristiane Vilas Boas Neves, Fabiana Aparecida Rodrigues, Flávia Alessandra Botaro, Glaucy Rodrigues de Araújo, Letícia Terrone

Pierre, Margarete Nimer, Margarete Aparecida Santos, Simone de Fátima Viana da Cunha, Vanessa Moraes Bezerra, Flávia Vitorino Freitas, Maria das Graças Vaz Tostes, Fabiana Aparecida Rodrigues Gomes, Sidney Augusto Vieira Filho, Aureliano Claret da Cunha, José Armando Ansaloni, Margarete da Silva Correa, Cláudia Aparecida Marlière, Rinaldo Cardoso dos Santos, Sílvia Nascimento de Freitas, Michele Correa Bertoldi, pelo ombro amigo e apoio!

A Graziela Luciana da Silva, pela amizade e torcida!

A minha amiga, irmã e colega de profissão Maria Tereza de Freitas, pelos momentos de “eureca” nos laboratórios de Técnica Dietética, Bromatologia e LabMassas: momentos de cansaço, de alegrias, de risos, de choros (principalmente meu, sempre choro!).

Aos amigos Matheus Contatori e Carolina Lescura de Carvalho Castro pelo carinho e força!

Ao meu mais novo amigo e professor Alexandre Ferreira Mascarenhas, pelas palavras de incentivo!

Aos funcionários do Restaurante Universitário, em especial à Nilma Luiza de Moura Rodrigues, Judith Gomes de Oliveira e Carlos Alberto Pereira!

Aos colegas do LabMassas, Ananda Lima Sanson, Amanda Quaresma, Bárbara Diniz Lima, Bruno Baêta, Carlúcio Lacerda, Daniela Caetano Cardoso, Diego Roberto Sousa Lima, Gustavo de Sousa Leite, Jéssica Correa Valadares, Júlia Raquel Lino e Freitas,

Rafaela Gomes, Ramon Danilo de Souza, Rosimeire Alves Guimarães, Regiane Débora Fernandes Rios, Magalhães Teixeira de Souza.

Aos funcionários da Escola de Nutrição, especialmente a Miliane Martins de Andrade Fagundes, Rosângela Malta de Assis Ramos e José Caetano Guimarães pela ajuda nos momentos de empréstimo de material.

Ao meu orientador Roberto Gonçalves Junqueira, pelos infinitos ensinamentos, pela confiança, apoio, dedicação, compreensão e momentos de amizade que tiveram início no mestrado.

Ao meu coorientador Mauricio Xavier Coutrim, pela oportunidade, parceria e ensinamentos ao longo da pesquisa.

Ao meu colega e também segundo coorientador Robson José de Cássia Franco Afonso, pelos momentos de ensinamentos de “Professor Pardal”, que aprendi e me diverti muito!

Ao bolsista de Iniciação Científica, Arthur da Silva Gomes, pela participação no início desta pesquisa.

Às secretárias da PPGCA, Marilene Beatriz de Souza e Úrsula Regiane Martins Rodrigues.

À Deus, por me dar a oportunidade de conhecer vocês e fazerem parte de minha vida!

EPÍGRAFE

Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos.

Isaac Newton

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	17
RESUMO	19
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO	21
2. OBJETIVOS	24
3. REVISÃO DA LITERATURA	25
3.1 PESCADOS	25
3.2. PEIXE MERLUZA (<i>MERLUCCIOUS HUBBSI</i>)	26
3.3. PEIXE PESCADA-BRANCA (<i>CYNOSCIION LEIARCHUS</i>)	27
3.4. VALOR NUTRICIONAL DOS PEIXES	27
3.5. LIPÍDIOS	28
3.5.1. Ácidos Graxos Saturados	30
3.5.2. Ácidos Graxos Insaturados	31
3.5.3. Ácidos Graxos trans	36
3.6. A IMPORTÂNCIA DO PEIXE NA ALIMENTAÇÃO: ASPECTOS NUTRICIONAIS E BENEFÍCIOS À SAUDE	37
3.7. FONTES ALIMENTARES DOS ÁCIDOS GRAXOS LINOLÉICO, α-LINOLÉICO, ARAQUIDÔNICO, EPA E DHA	41
3.8. ÍNDICE DE QUALIDADE NUTRICIONAL (IQN) DO PERFIL LIPÍDICO	42
3.9. TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS E FÍSICAS NO PREPARO DE ALIMENTOS	44
3.10. OS MÉTODOS DE COCÇÃO	47
3.10.1. Cocção em vapor	47
3.10.2. Cocção em Grelha – Grelhado	48
3.10.3. Cocção em Forno – Assado	49
3.10.4. Cocção em Líquido – Ensopado	49
3.10.5. Micro-ondas	50

3.11. CROMATOGRAFIA EM FASE GASOSA ACOPLADA A ESPECTROMETRIA DE MASSAS	50
3.12. ANÁLISE MULTIVARIADA	55
4. MATERIAL E MÉTODOS	58
4.1. AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE PEIXES E MÉTODOS EMPREGADOS EM SUA ELABORAÇÃO	58
4.2. AMOSTRAS	58
4.3. MÉTODOS DE COCÇÃO	59
4.4. MÉTODOS ANALÍTICOS	60
4.4.1 Padrões e reagentes	60
4.4.2. Umidade	60
4.4.3. Extração lipídica	61
4.5. CURVAS DE CALIBRAÇÃO ANALÍTICA	61
4.6. LIMITE DE DETECÇÃO (LD) E LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (LQ)	62
4.7. PRECISÃO	62
4.8. COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS	63
4.9. ÍNDICE DA QUALIDADE NUTRICIONAL DO PERFIL LIPÍDICO	64
4.10. ANÁLISE ESTATÍSTICA	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1. FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO, TIPO E MÉTODOS DE COCÇÃO DOS PEIXES EM UAN	66
5.2. VERIFICAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO	71
5.2.1. Seletividade	71
5.2.2. Linearidade	73
5.2.3. Limite de detecção e de quantificação	76
5.2.4. Precisão	77
5.3. UMIDADE E TEOR DE LIPÍDIOS	83
5.4. PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS	85
5.4.1. Ácidos graxos saturados	85
5.4.2. Ácidos graxos monoinsaturados e trans	89
5.4.3. Ácidos graxos polinsaturados	92

5.5. ÍNDICE DE QUALIDADE NUTRICIONAL (IQN) DO PERFIL LIPÍDICO	96
5.5.1 Índices de aterogenicidade, índices de trombogenicidade e a razão entre os ácidos graxos polinsaturados hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmico do filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) cru e nos diferentes métodos de preparo.	100
5.5.2 Índices de aterogenicidade, índices de trombogenicidade e a razão entre os ácidos graxos polinsaturados hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmico do filé de pescada-branca (<i>Cynoscion leiachurs</i>) cru e nos diferentes métodos de preparo.	102
5.6. ANÁLISE MULTIVARIADA DO FILÉ DE MERLUZA (<i>Merluccius hubbsi</i>) E FILÉ DE PESCADA-BRANCA (<i>Cynoscion leiachurs</i>)	104
5.6.1 Análise de componentes principais do filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) e do filé de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>)	104
5.6.2. Análise de agrupamentos hierárquicos de filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) e do filé de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>)	110
6. CONCLUSÃO	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
APÊNDICES	133

LISTA DE TABELAS

Revisão de Literatura

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Concentração dos ácidos linoléico, α -linolênico, EPA e DHA em alimentos de origem animal | 41 |
| 2 | Descrição da programação de utilização de fornos combinados a vapor | 49 |

Resultados e Discussão

- | | | |
|----|--|----|
| 3 | Íons de maior intensidade monitorados por CG-EM com seus tempos de retenção (t_R) e relação massa/carga (m/z) na solução padrão de EMAG | 72 |
| 4 | Teste da homogeneidade de variâncias e parâmetros da análise de regressão ponderada da curva de EMAG na faixa de concentração de 10 a 100 mg L ⁻¹ | 74 |
| 5 | Teste da homogeneidade de variâncias e parâmetros da análise de regressão ponderada da curva de EMAG na faixa de concentração de 85 a 700 mg L ⁻¹ | 75 |
| 6 | Relação S/R dos padrões na solução de EMAG de 10 mg L ⁻¹ , LD e LQ, em $\mu\text{g L}^{-1}$, calculados a partir do S/R | 76 |
| 7 | Relação S/R, LD E LQ calculados para soluções padrão de EMAG na concentração de (85 mg L ⁻¹) | 77 |
| 8 | Precisão da curva analítica da faixa de 10 a 100 mg L ⁻¹ de EMAG preparados em n-hexano e analisados por CG/EM | 79 |
| 9 | Precisão da curva analítica da faixa de 85 a 700 mg L ⁻¹ de EMAG preparados em n-hexano e analisados por CG/EM | 80 |
| 10 | Média da relação de áreas do AG e PI e CV de nove extrações da amostra EFC analisadas por CG/EM | 82 |

11	Precisão instrumental obtida para o AG araquídico em filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) cru e preparado por diferentes métodos de cocção em três repetições	83
12	Teores médios e desvio-padrão de lipídios e umidade (g 100 g ⁻¹) determinados em filés de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) e em pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>) crus e submetidos a diferentes métodos de cocção	84
13	Valores médios e desvios-padrão dos teores de AGS (g 100 g ⁻¹) em base seca do filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) cru e dos filés de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>) e nos diferentes métodos de preparo	88
14	Valores médios e desvios-padrão dos teores de AGM e AGT (g 100 g ⁻¹) em base seca do filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) cru e dos filés de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>) e nos diferentes métodos de preparo	91
15	Valores médios e desvios-padrão dos teores de AGP (g 100 g ⁻¹) em base seca do filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) cru e dos filés de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>) e nos diferentes métodos de preparo	95
16	Valores médios e desvios-padrão dos índices de qualidade nutricional dos AG (g 100 g ⁻¹) em base seca do filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) cru e do filé de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>) cru nos diferentes métodos de preparo	99
17	Características de assimetria e normalidade da distribuição dos dados brutos e transformados para 26 AG em filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) cru preparado por 7 diferentes métodos de cocção	107
18	Características de assimetria e normalidade da distribuição dos dados brutos e transformados para 26 AG em filé de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>) cru preparado por 7 diferentes métodos de cocção	108

LISTA DE FIGURAS

Revisão de Literatura

1	Imagem do peixe merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>)	26
2	Imagem do peixe pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>)	27
3	Reação de transesterificação	29
4	Estruturas dos ácidos graxos das famílias ω 3 e ω 6	33
5	Biossíntese dos AG ω 3, ω 6, araquidônico e formação de eicosanoides	34
6	Representação gráfica de um dendrograma	56

Material e Métodos

7	Imagem do peixe merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) descongelado	59
8	Imagem do peixe pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>) descongelado	59

Resultados e Discussão

9	Frequência de utilização de peixe em Unidades de Alimentação e Nutrição	66
10	Tipo de peixe utilizado nas Unidades de Alimentação e Nutrição	68
11	Método de cocção empregado pelas Unidades de Alimentação e Nutrição no preparo dos peixes	69
12	Método de cocção empregado no preparo do peixe merluza	70
13	Cromatogramas obtidos da solução padrão dos EMAG com concentração igual 85 mg L ⁻¹ (a), da solução padrão do nonadecanoato de metila (b) e da solução dos EMAG da amostra do filé de peixe merluza assado no forno combinado (c), sob as seguintes condições cromatográficas: CG-EM, coluna SP-2330 com 30 m x 0,25 mm x 0,2 μ m, gás de arraste 1,20 mL min ⁻¹	71
14	Curva analítica do EMAG láurico	73

15	Variação dos resíduos <i>Jackknife</i> em função da concentração EMAG Láurico observada na análise de regressão da curva de calibração pelo método dos mínimos quadrados ordinários	73
16	Relação entre os índices de aterogenicidade e a razão entre os AGP hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (a) e relação entre os índices de trombogenicidade e a razão entre os AGP hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (b) nos diferentes tratamentos aplicados aos filés de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>)	101
17	Relação entre os índices de aterogenicidade e a razão entre os AGP hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (a) e relação entre os índices de trombogenicidade e a razão entre os AGP hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (b) nos diferentes tratamentos aplicados aos filés de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>)	103
18	Efeito de lambda sobre o total dos três primeiros autovalores da análise discriminante de dados transformados pelo algoritmo de Box-Cox, para 26 AG em filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) preparado por 7 diferentes métodos de cocção	105
19	Efeito de lambda sobre o total dos três primeiros autovalores da análise discriminante de dados transformados pelo algoritmo de Box-Cox, para 26 AG em filé de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>) preparado por 7 diferentes métodos de cocção	105
20	Efeito de lambda sobre a variância total da análise multivariada para modelo linear geral de dados transformados pelo algoritmo de Box-Cox, para 26 AG em filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>) preparado por 7 diferentes métodos de cocção	106
21	Efeito de lambda sobre a variância total da análise multivariada para modelo linear geral de dados transformados pelo algoritmo de Box-Cox, para 26 AG em filé de pescada-branca (<i>Cynoscion leiarchus</i>) preparado por 7 diferentes métodos de cocção	106
22	Análise de Componentes Principais das pontuações dos três primeiros componentes principais baseados no perfil de AG das amostras de filé de merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>), CP1 vs CP2 (a) e CP1 vs CP3 (b)	109

- 23** Análise de Componentes Principais das pontuações dos três primeiros componentes principais baseados no perfil de AG das amostras de filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*), CP1 vs CP2 (a) e CP1 vs CP3 (b) 109
- 24** Análise de agrupamento hierárquico dos tratamentos de cocção dos filés de merluza (*Merluccius hubbsi*) por níveis de distância pelo método das distâncias euclidianas 110
- 25** Análise de agrupamento hierárquico dos tratamentos de cocção do filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) por níveis de distância pelo método das distâncias euclidianas 111

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ω 3	Ácido(s) graxo(s) ômega 3
ω 6	Ácido(s) graxo(s) ômega 6
ω 7	Ácido(s) graxo(s) ômega 7
ω 9	Ácido(s) graxo(s) ômega 9
ABERC	Associação Brasileira das Empresas de Refeições Coletivas
ACAT	Acilcolesteril aciltransferase
AFC	Assado forno combinado
AFE	Assado em forno elétrico
AG	Ácido(s) graxo(s)
AGI	Ácido(s) graxo(s) insaturados
AGM	Ácido(s) graxo(s) monoinsaturados
AGP	Ácido(s) graxo(s) polinsaturados
AGS	Ácido(s) graxo(s) saturados
AGT	Ácido(s) graxo(s) <i>trans</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ARA	Ácido graxo araquidônico
CG/EM	Cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrometria de massas
CMD	Concentração média determinada
CoA	Coenzima a
CRU	Cru
CV	Coeficiente de variação
CV	Coeficiente de variação
DHA	<i>cis</i> 4,7,10,13,16,19 docosahexaenoico
DHA	Ácido docosahexaenoico
DPA	Ácido docosapentaenoico
DVC	Doença cardio-vascular
EFC	Ensopado forno combinado
EMAG	Ésteres metílicos de ácidos graxos
ENF	Ensopado em fogão
EPA	<i>cis</i> 5,8,11,14,17 eicosapentaenoico
GFC	Grelhado forno combinado

GRE	Grelhado
HDL	Lipoproteína de alta densidade
HIPER	Ácido(s) graxo(s) hipercolesterolêmicos
HIPO	Ácido(s) graxo(s) hipocolesterolêmicos
IA	Índice de aterogenicidade
IE	Impacto de elétrons
IQ	Ionização química
IQN	Índice de qualidade nutricional
IT	Índice de trombogenicidade
LD	Limite de detecção
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
LDL-c	Lipoproteína de baixa densidade colesterol
LQ	Limite de quantificação
m/z	Razão massa/carga
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MIC	Micro-ondas
mRNA	Ácido ribonucleico mensageiro
OMS	Organização Mundial de Saúde
PGI2	Prostaciclina
PI	Padrão interno
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RIISPOA	Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal
S/R	Sinal/ruído
t	Toneladas
TXA2	Tromboxano
UAN	Unidades de Alimentação e Nutrição
VLDL	Lipoproteína de muito baixa densidade
WHO	<i>World health organization</i>
SCAN	Varredura de espectro de massas

RESUMO

Foi determinado o perfil dos ácidos graxos em filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e filé de pescada-branca (*Cynoscion leiachurs*) crus e submetidos aos métodos de cocção ensopado, grelhado e assado em modo convencional e utilizando forno combinado e micro-ondas. Nos peixes cru identificaram-se vinte e seis ácidos graxos. Percebe-se em geral, que os tratamentos de cocção que melhor preservaram a maioria dos AGM e AGP estão relacionados aos tratamentos que utilizaram calor úmido, principalmente os ácidos oleico, DHA e EPA. Em relação ao ácido EPA nota-se que os menores teores foram para os tratamentos GRE, MIC e GFC e para o DHA foram os tratamentos GRE, AFE e MIC, ou seja, ambos calor seco e micro-ondas. Os tratamentos promoveram uma redução significativamente ($p < 0,05$) menor quando comparado às amostras cruas na maioria dos ácidos graxos, sendo os que mais preservaram os ácidos graxos, incluindo os ácidos $\omega 3$, foram aqueles que utilizaram calor úmido, independente da espécie de peixe estudada. Para os índices de aterogenicidade (IA), trombogenicidade (IT) e a razão entre os ácidos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HIPO/HIPER), nota-se que à medida que ocorre um aumento dos valores da razão entre HIPO/HIPER ocorre uma diminuição dos valores de IA e IT, sendo desejável sob o aspecto nutricional. As razões HIPO/HIPER foram melhores para os métodos AFC e EFC, os quais diferiram do CRU ($p < 0,05$). Na análise multivariada, percebe-se que os perfis de ácidos graxos resultaram das diferentes condições dos tratamentos térmicos, como tempo e temperatura de cocção. Considerando-se a importância nutricional dos ácidos graxos à saúde, os resultados deste estudo indicam a necessidade de identificar tratamentos térmicos que melhor preservam as características nutricionais dos alimentos, sendo importante ressaltar que, em geral, os melhores tratamentos térmicos foram os processados utilizando forno combinado a vapor.

Palavras-chave: Peixe. Ácidos graxos. Cocção. CG-EM

ABSTRACT

It was determined the fatty acid profile in raw hake fillet (*Merluccius hubbsi*) and smooth weakfish (*Cynoscion leiachurs*) and subjected to different cooking methods: stewed, grilled and baked in conventional oven and using combined oven and microwave oven. In the raw fish, twenty-six fatty acids were identified. It is generally noticed that the cooking methods that best preserved most of the MUFA and PUFA are related to treatments that used wet heat specially the oleic acids, DHA and EPA. Concerning the EPA acid, it is perceived that the lower contents were for GRI, MIW and GCO methods and for DHA were the GRI, BEO and MIW treatments, that is, using both dry heat and microwaves. The treatments promoted a significant reduction ($p < 0.05$) lower when compared to the crude samples in the majority of the fatty acids, being the ones that more preserved the fatty acids, including the $\omega 3$ acids, were those that used humid heat, independent of the species of fish studied. For the indexes of atherogenicity (IA) and thrombogenicity (IT) and the ratio between the hypocholesterolemic and hypocholesterolemic acids (HIPO/HIPER), it is noticed that as the values in the ration H/H increase there is a decrease of the values of IA and IT, being desirable under the nutritional aspect. The HIPO/HIPER ratios were better for the BCO and SCO methods, which differed from RAW ($p < 0.05$). In the multivariate analysis, it can be perceived that the fatty acids profiles resulted from the different conditions of the thermal treatments, such as time and cooking temperature. Taking the importance of fatty acids to health into account, the results of this study indicate the necessity of identifying thermal treatments that best preserve the nutritional characteristics of food, being essential to highlight that the ideal thermal treatments for this study were steam combined oven.

Keywords: Fish. Fatty acids. Cooking. CG-EM.

1. INTRODUÇÃO

A carne de peixe é um alimento importante na dieta de inúmeros grupos populacionais, não apenas como fonte de proteínas de alta qualidade nutricional, mas também como reserva significativa de ácidos graxos poli-insaturados (AGP), os quais não são sintetizados pelos organismos e devem ser fornecidos pela dieta. Os AGP são representados principalmente pelos ácidos graxos ω_3 , derivados do ácido α -linolênico (C18:3 ω_3) encontrado com abundância em peixes marinhos e pelos ácidos graxos ω_6 , derivados do ácido linoleico (C18:2 ω_6) cuja principal fonte dietética são principalmente os óleos de soja, girassol e milho (KRIS-ETHERTON, HARRIS & APPEL, 2003; SIDHU, 2003; KOLANOWSKI & LAUFENBERG, 2006).

O ácido α -linolênico é precursor dos ácidos eicosapentaenoico (EPA C20:5 ω_3) e docosahexaenoico (DHA C22:6 ω_3), os quais além da função no desenvolvimento e funcionamento do sistema nervoso, fotorrecepção e sistema reprodutivo são apontados como redutores de risco de doenças coronarianas, hipertensão moderada, incidência de diabetes, prevenção de certas arritmias cardíacas, câncer, artrite, depressão, mal de Alzheimer e morte súbita (TAPIERO, BA & TEW, 2002; ÇELIK, DILER & KÜÇÜKGÜLMEZ, 2005).

O ácido linoleico origina o ácido araquidônico (C20:4 ω_6) principal precursor dos eicosanoides. Os eicosanoides são moléculas que possuem três famílias, os prostanoídes que incluem prostaglandinas, as prostaciclina e os tromboxanos; os leucotrienos e lipoxinas (SERHAN, CHIANG & VAN DYKE, 2008).

Os AGP ω_3 e ω_6 são fundamentais nos processos de mediação e regulação das inflamações e das respostas imune por serem precursores dos eicosanoides (TILLEY, COFFMAN & KOLLER, 2001; ROCCA & FITZGERALD, 2002; CHOQUE et al., 2014). Os AGP ω_3 têm atividades anti-inflamatória, antitrombótica, antiarrítmicas, hipolipemiantes e propriedades vasodilatadoras, enquanto os AGP ω_6 possuem efeitos pró-trombótico e pró-agregatório (CALDER et al., 2009).

As quantidades excessivas de AGP da série ω_6 e uma relação ω_6/ω_3 muito elevada têm sido associadas à patogênese do câncer, doenças auto-imunes e inflamatórias e doença cardiovascular (SIMOPOULOS, 2002; HARRIS et al., 2009). Em dietas ocidentais, a relação ω_6/ω_3 pode ter aumentado devido ao maior consumo de óleos vegetais ricos em ácidos da série ω_6 , acompanhado da redução do consumo de alimentos ricos em ácidos graxos (AG) da série ω_3 , como os peixes e frutos do mar

(CONNOR, 2000; KOLANOWSKI & LAUFENBERG, 2006; KOLANOWSKI & WEIBBRODT, 2008).

As recomendações dietéticas em relação aos níveis de ingestão de AG variam entre os países e metas nutricionais. Apesar dos esforços para desenvolver recomendações nutricionais baseadas em evidências e diretrizes alimentares que possam contribuir para melhoria da saúde, estas recomendações ainda são controversas (ARANCETA & PÉREZ-RODRIGO, 2012). Segundo Comitê de Especialistas da FAO/WHO em Gorduras e Ácidos Graxos na Nutrição Humana, se a ingestão dos AG $\omega 6$ e $\omega 3$ encontra-se dentro da recomendação estabelecida, não existe recomendação de uma proporção ideal desses AG (FAO, 2010).

Os dados disponíveis indicam que uma ingestão de 0,5 a 2% do valor calórico total da dieta em AG $\omega 3$ é necessária para prevenir sintomas de deficiência em adultos, sendo o requerimento mínimo para o ácido α -linolênico de 0,5% da energia (FAO, 2010).

Para os AG $\omega 6$, estudos com animais e seres humanos demonstraram que a prevenção dos sinais da deficiência ocorre quando 2 a 3% do total da energia da dieta é fornecida por ácido linoleico. O ácido araquidônico não é considerado essencial para um adulto saudável cuja dieta habitual fornece mais de 2,5 % da energia em ácido linoleico. Entretanto, para crianças de 0-6 meses o ácido araquidônico deve ser fornecido na dieta na faixa de 0,2 a 0,3% da energia, com base na composição do leite humano (FAO, 2010; ARANCETA & PÉREZ-RODRIGO, 2012).

O conteúdo de AGP do peixe cru tem valor limitado para avaliação de sua qualidade nutricional, tendo em vista que esses alimentos são geralmente consumidos após processamento térmico (STEPHEN et al., 2010). As condições de cocção como o binômio tempo-temperatura, conteúdo original de lipídios, tamanho e formato do peixe parecem ser os fatores determinantes pelas alterações na composição dos AG dos peixes após a preparação (BOGNAR, 1998; PIRINI et al., 2010; KOCATEPE et al., 2011; CASTRO-GONZALÉS, MAAFS-RODRIGUES & ROMO PÉREZ-GIL, 2013).

Neste contexto, o desenvolvimento de técnicas de processamento dos alimentos tem indicado a importância da retenção de nutrientes durante o pré-preparo e preparo dos alimentos (HSIEH et al., 1991; LOMBARDI-BOCCIA, LANZI & AGUZZI, 2005). No entanto, há escassez de estudos relatando os efeitos da preparação em grande escala sobre a estabilidade dos AGP, especialmente nas condições de tempo e temperatura dos métodos de cocção empregados no preparo do peixe merluza

(*Merluccius hubbsi*) e do peixe pescada-branca (*Cynoscion leiachurs*), principais peixes utilizados em serviços de alimentação no Brasil.

A espécie merluza demersal-pelágica está distribuída em grandes concentrações no Atlântico Sudoeste do Brasil (21°S) à Argentina (55°S) enquanto a espécie pescada-branca está distribuída nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul, do Amapá ao Rio Grande do Sul (CHAO, 1978; LLORIS, MATALLANAS & OLIVER, 2005; VAZ-DOS-SANTOS, ROSSI-WONGTSCHOWSKI & FIGUEIREDO, 2009).

Assim, uma análise abrangente do perfil de AG de filés de merluza e pescada-branca submetidos a diferentes processos de cocção que são utilizados em serviços de alimentação se faz necessária, devido às alterações que essas substâncias sofrem ao serem submetidas a tais processos.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi verificar o perfil dos ácidos graxos do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e pescada (*Cynoscion leiarchus*) preparado por diferentes métodos de cocção empregados em Unidades de Alimentação e Nutrição.

Os objetivos específicos foram:

- avaliar a espécie de peixe consumida pelas Unidades de Alimentação e Nutrição;
- avaliar a frequência de consumo de peixes e os métodos de cocção empregados em seu preparo pelas Unidades de Alimentação e Nutrição;
- determinar a composição dos ácidos graxos de peixes crus congelados (referencial);
- verificar o desempenho dos parâmetros analíticos;
- determinar a composição dos ácidos graxos de peixes submetidos a diferentes métodos de cocção: micro-ondas, grelhado, ensopado em fogão, assado em forno elétrico e em forno combinado a vapor (ensopado, grelhado e assado);
- comparar o efeito dos diferentes métodos de cocção sobre o perfil dos ácidos graxos dos peixes processados;
- comparar o efeito dos diferentes métodos de cocção sobre o perfil dos ácidos graxos entre os peixes analisados;
- identificar o método de cocção que melhor preserva o perfil de ácidos graxos nas espécies de peixes analisadas;
- avaliar o índice de qualidade nutricional a partir dos resultados obtidos da composição em ácidos graxos nas espécies de peixes analisadas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. PESCADOS

De acordo com a definição do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), capítulo VII, seção I, artigo 438, a denominação genérica "pescado" compreende os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, quelônios e mamíferos de água doce ou salgada, usados na alimentação humana (BRASIL, 1952).

A produção mundial de pescado (proveniente tanto da pesca extrativa quanto da aquicultura) atingiu aproximadamente 168 milhões de toneladas em 2010, representando um incremento de aproximadamente 3,0% em relação a 2009. Os maiores produtores foram a China com aproximadamente 63,5 milhões de toneladas, a Indonésia com 11,7 milhões de toneladas, a Índia com 9,3 milhões de toneladas e o Japão com cerca de 5,2 milhões de toneladas. Neste cenário, o Brasil contribuiu com apenas 0,8% (1.264.765 t) da produção mundial de pescado em 2010, ocupando o 19º lugar, caindo uma posição em relação ao ranking geral de 2009 (FAO, 2010).

Considerando-se apenas os países da América do Sul, fica evidente que a produção de pescado dos países que pescam no oceano Pacífico são bem superiores à produção brasileira. O Peru registrou uma produção em torno de 4,4 milhões de toneladas, seguido pelo Chile, com aproximadamente 3,8 milhões de toneladas. Neste critério, o Brasil aparece em terceiro lugar, logo à frente da Argentina que produziu cerca de 814 mil toneladas de pescado (FAO, 2010).

Em relação aos peixes, em 2011, a produção pesqueira marinha foi de 482.335,7 toneladas (t), representando um aumento de 3,6% em relação a 2010, quando foram produzidas 465.454,7 t. Em 2011, a produção pesqueira marinha de crustáceos foi igual a 57.344,8 t e de moluscos 13.989,4 t, caracterizando um pequeno incremento de 1% e 0,3%, respectivamente, em relação a 2010 (FAO, 2010).

Entre as espécies de peixes capturadas, a merluza apresentou um volume de 2.013,8 t em 2009, 1.900,9 t em 2010 e 1.920,0 t em 2011, resultando em um decréscimo de cerca 4,7 % em relação a 2009 (FAO, 2010).

Considerando-se apenas os países da América do Sul, fica evidente que a produção de pescado dos países que pescam no oceano Pacífico são bem superiores à

produção brasileira. O Peru registrou uma produção em torno de 4,4 milhões de toneladas, seguido pelo Chile, com aproximadamente 3,8 milhões de toneladas. Neste critério, o Brasil aparece em terceiro lugar, logo à frente da Argentina que produziu cerca de 814 mil toneladas de pescado (FAO, 2010).

A média global de consumo *per capita* é de 19 kg/ano, porém a média para a América Latina e Caribe é de 9 kg/ano. Destaca-se que o peixe já representa quase 17% do consumo de proteína no mundo e chega aos 70% em alguns países costeiros e insulares. No território brasileiro, o consumo *per capita* aumentou de 4 kg/ano para 9 kg/ano nos últimos 8 anos, por meio de políticas e campanhas para incentivar o consumo, porém a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda o consumo *per capita* de 12 kg/ano/habitante de peixe (FAO, 2010).

3.2. PEIXE MERLUZA (*MERLUCCIUS HUBBSI*)

A merluza possui corpo alongado, ligeiramente comprimido, boca grande prostrátil, pedúnculo caudal curto, com aleta caudal terminando em linha reta nos adultos. Possuem escamas cicloides, medianas que se desprendem facilmente. As fêmeas adultas chegam a medir 90 cm de comprimento e os machos 60 cm. São também conhecidas como merluza argentina ou austral. Ocorrem entre o Rio de Janeiro e o sul da América do Sul, em regiões de fundo de areia ou cascalho. São peixes demersais costeiras e oceânicas, entre 50 e 500 metros e realizam migrações sazonais e migrações verticais ao longo do dia, provavelmente em função da sua alimentação, a qual ocorre principalmente à noite. Forma cardumes densos no fundo do oceano durante o dia, mas se dispersa à noite (LLORIS, MATALLANAS & OLIVER, 2005).

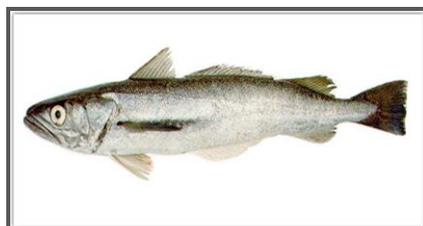


Figura 1. Imagem do peixe merluza (*Merluccius hubbsi*).

Fonte: INIDEP: <http://fishbase.sinica.edu.tw/summary/SpeciesSummary.php?id=325> (Acessado em agosto de 2013).

3.3. PEIXE PESCADA-BRANCA (*CYNOSCION LEIARCHUS*)

A pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) é uma espécie sul-americana de peixe pescada. Sua distribuição geográfica situa-se nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul (do Amapá ao Rio Grande do Sul). Esses peixes chegam a medir até 60 cm de comprimento, possuindo coloração prateada com reflexos avermelhados (CHAO, 1978).

Também são conhecidos pelos nomes de corumbeba, perna-de-moça, pescada-de-rede, pescada-do-reino, pescada-perna-de-moça e pescadinha. São peixes de escamas e na costa brasileira ocorrem mais de 30 espécies de pescada. Entre as características mais interessantes desse grupo está a capacidade de produzir sons por músculos associados à bexiga natatória. As espécies mais comuns são a pescada-amarela *Cynoscion acoupa*, que pode alcançar 1m e 30 quilos e tem a cor amarela, e a pescada-olhuda, de coloração prateada e olhos grandes, que alcança no máximo 50 cm (CHAO, 1978).

São peixes demersais e pelágicos, formam cardumes nos poços e regiões profundas e se alimentam preferencialmente de crustáceos, como camarões, e de pequenos peixes. A pescada-amarela e a pescada-cambucu costumam entrar nos manguezais a procura de alimentos. A pescada-amarela é muito apreciada como alimento, sendo importante na pesca comercial (CHAO, 1978).

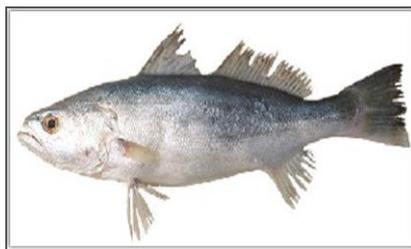


Figura 2. Imagem do peixe pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*).

Fonte: http://www.vivaterra.org.br/peixes_salgada_5.htm (Acessado em agosto de 2013).

3.4. VALOR NUTRICIONAL DOS PEIXES

De um ponto de vista nutricional, o peixe é um alimento com uma composição semelhante à de carne, porém sua composição nutricional e valor energético diferem entres as espécies. Percebe-se que mesmo dentro da mesma especie pode ocorrer esta

variação em função de vários fatores, tais como, a estação do ano em que foram capturados, a idade, as condições ambientais em que vivem e do tipo de alimento que consomem (ZOTOS & VOUZANIDOU, 2012).

A água, proteínas e gorduras são os nutrientes mais abundantes e determinam aspectos importantes, tais como o valor energético. Quanto ao conteúdo de micronutrientes, destacam-se as vitaminas do complexo B (B₁, B₂, B₃, B₁₂), as lipossolúveis A e D (especialmente em peixes classificados como gordos) e determinados minerais (fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio, ferro e iodo), em quantidades que variam dependendo da espécie do peixe (ZOTOS & VOUZANIDOU, 2012; MAHAN, ESCOTT-STUMP & RAYMOND, 2013).

O teor médio de proteína de peixes é de 18 gramas por 100 gramas de alimento comestível e o teor de lipídios do peixe varia muito de uma espécie para outra dependendo de vários fatores, incluindo os hábitos alimentares e a disponibilidade dos alimentos, em parte condicionado pelas características do plâncton (fitoplâncton e zooplâncton); o *habitat*, os peixes marinhos geralmente contêm mais gordura do que peixes de água doce; a temperatura da água, pois a gordura atua como um anticongelante biológico, assim o peixe que vive em águas frias, como o atum e cavala, são geralmente mais ricos nesse nutriente; ciclo de maturação sexual, o peixe acumula gordura como reserva de energia antes da desova (OETTERER, 2005).

Os lipídios mais abundantes presentes na gordura dos peixes, ao contrário de outros alimentos de origem animal, são os ácidos graxos poli-insaturados ω 3 e ω 6, alguns ácidos mono-insaturados e, em menor grau, os ácidos saturados (MARTINO, 2003).

Quantidades relevantes, embora variáveis de minerais são encontrados em peixes, os quais incluem fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, ferro, iodo e cloro. O peixe marinho é mais rico em sódio, iodo e cloro que os peixes de água doce (MAHAN, ESCOTT-STUMP & RAYMOND, 2013).

3.5. LIPÍDIOS

A definição de lipídios, segundo o ponto de vista químico, relaciona-se a solubilidade em meio apolar, englobando diversas substâncias extraídas por solventes apolares, como éter ou clorofórmio. Entre as substâncias que não são extraídas por esses solventes, encontram-se as proteínas, carboidratos, sais orgânicos e substâncias

orgânicas muito polares. De forma geral, os lipídios, consistem em substâncias das quais se obtém, por hidrólise, ácidos alifáticos de cadeia longa denominados AG. A estrutura fundamental dos lipídios é composta de AG ou estruturas diretamente relacionadas a eles, como os aldeídos, os álcoois ou aminas (CURI et al., 2002).

Os óleos e as gorduras são compostos orgânicos formados em sua maioria pela união de três AG a um poliálcool chamado glicerol, formando uma estrutura conhecida como triacilglicerol (Figura 3). Portanto, tanto os óleos como as gorduras são misturas de triacilgliceróis de diferentes composições em AG. Os AG são ainda carboxílicos, “RCOOH”, de alto peso molecular, em que o grupo alquila “R”, pode ser saturado, insaturado, cíclico ou de cadeia ramificada (SOLOMONS & FRYHLE, 2012).

De forma geral, o tamanho da cadeia carbônica determina a classificação dos AG em cadeia curta, contendo de dois a quatro átomos de carbono, cadeia média, de seis a dez átomos de carbono e cadeia longa, contendo acima de doze átomos de carbono. A presença de insaturações na cadeia carbônica classifica-os como, ácidos AGS, não possuem insaturações na molécula, ácidos graxos monoinsaturados (AGM), possui uma insaturação na molécula e AGP, moléculas com mais de uma insaturação (CURI et al., 2002).

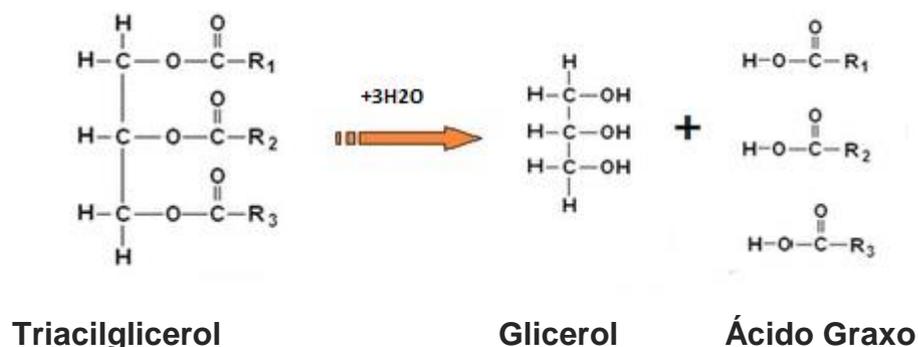


Figura 3. Reação de transesterificação

Fonte: http://qnint.s bq.org.br/s bq_uploads/layers/imagem1734.png

De acordo Solomons & Fryhle (2012), as regras de nomenclatura dos AG baseiam-se no nome completo que sempre será iniciado com palavra “ácido”; o nome sistemático que será um prefixo referente ao número de átomos de carbono da maior cadeia carbônica que contenha a carboxila e o sufixo sempre será “óico”, como ocorre com todos os ácidos carboxílicos. Uma simbologia muito utilizada para representar os ácidos graxos se baseia em um sistema alfanumérico, iniciado pela letra C, seguido pelo

número de átomos de carbono na molécula, o número de ligações duplas entre os átomos de carbono e as posições das insaturações na cadeia carbônica com indicação daquelas que forem *trans*. Por exemplo, o ácido láurico (C12:0), o ácido oleico (C18:1), o ácido *cis*-13, 16-docosadienoico (C22:2), o ácido *cis*-octadec-9-enóico é representado por C18:1(9) e o ácido *trans*-octadec-9-enóico por C18:1n9t e assim por diante. É necessário também, identificar a posição da última dupla ligação dos ácidos insaturados, esta informação deverá ser acrescentada à representação numérica do AG. Uma nomenclatura mais completa, além dos números indicativos de carbonos e de duplas ligações, é indicar a posição da última dupla ligação, com a letra “n” ou a letra grega ômega “ ω ”, seguido do número de carbonos que dista da última dupla ligação até o terminal metila (CURI et al., 2002), como exemplo, os AG EPA (C22:6n3) e DHA (C20:5n3), ambos ω 3.

As propriedades das gorduras dependem de seu perfil de AG e da posição dos AG na molécula dos triacilglicerois (SOLOMONS & FRYHLE, 2012). Os óleos e gorduras além de serem importantes fontes de energia são também fontes de AG essenciais, ou seja, este tipo de AG é indispensável ao organismo e não pode ser sintetizado pelo mesmo. Especificamente em relação aos lipídios, verifica-se que o aumento da cadeia carbônica causa um aumento na temperatura de fusão, porém para lipídios com cadeias carbônicas de mesmo tamanho, o aumento do número de insaturações causa uma diminuição na temperatura de fusão dos mesmos. Isso ocorre porque a configuração *cis* das duplas ligações provoca um dobramento rígido em suas cadeias, com uma angulação de 30 graus, o que dificulta a agregação das moléculas. A forma sólida em temperatura ambiente dos AGS deve-se a este ponto de fusão alto, sendo as maiores fontes alimentares, as gorduras animais. Em contrapartida, os óleos vegetais contêm AGM e AGP, apresentando ponto de fusão mais baixo e são líquidos em temperatura ambiente, com exceção da gordura de coco, que possui 90% de AGS (ARO et al., 1997).

3.5.1. Ácidos Graxos Saturados

Os AGS, em especial, láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0), são responsáveis em elevar a concentração plasmática de colesterol, em especial o C14:0, enquanto o ácido esteárico (C18:0) é considerado neutro em relação aos seus efeitos sobre o colesterol, apesar de apresentar uma cadeia saturada de carbono

(RIOUX, LEMARCHAL & LEGRAND, 2000). As lipoproteínas são responsáveis em transportar o colesterol no sangue, sendo lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL), a LDL, e a HDL. A HDL não possui a apolipoproteína B100, que é reconhecida pelos tecidos, tendo, portanto, comportamento e função totalmente diferentes dessas outras. Ela é responsável pelo transporte reverso, que leva principalmente o colesterol dos tecidos para o fígado, e, dessa forma, tem como função proteger o indivíduo da aterosclerose (SANTOS, SPÓSITO & MARANHÃO, 2001).

Sabe-se que o efeito neutro do ácido esteárico pode ser devido ao fato da desidrogenação desse ser mais veloz do que o alongamento da cadeia, o que favorece a conversão do esteárico em ácido oleico no fígado, por meio de enzimas dessaturases. Outra hipótese é que a absorção do ácido esteárico pode ser incompleta ou significativamente diferente do que a de outros AGS (BONANOME & GRUNDY, 1988). A justificativa é que a distribuição posicional dos AGS de cadeia longa pode explicar a menor digestibilidade ou taxas de absorção e algumas das diferenças na resposta para o ácido esteárico com relação a outros AG em gorduras naturais (MONSMA & NEY, 1993).

Sugere-se que diferentes mecanismos são responsáveis por esta alteração, a saber: redução do ácido ribonucleico mensageiro (mRNA) de receptores LDL hepáticos; aumento da atividade da acilcolesteril-aciltransferase hepática (ACAT), o que aumenta a esterificação do colesterol em lipoproteínas ricas em apo B; aumento na quantidade de colesterol esterificado transportado nas LDL, devido à conformação química retilínea dos AGS (LEE & CAR, 2004).

Quanto ao AG mirístico, este apenas se alonga, sendo mais rapidamente incorporado a triacilglicerol celular e ocasionando a colesterolemia, sendo assim o mais importante AGS quando comparado aos outros na indução na elevação da colesterolemia (RIOUX, LEMARCHAL & LEGRAND, 2000).

3.5.2. Ácidos Graxos Insaturados

Particularmente em relação ao AGM tem-se defendido um conceito de que o seu consumo não afeta significativamente os níveis de colesterol total, sendo o AG oleico (C18:1 ω 9), o mais frequentemente encontrado na natureza principalmente no óleo de oliva e de canola (HOSTMARK & HAUG, 2013).

Em estudo realizado por REAVEN, GRASSE & TRIBBLE, 1994, observou-se que AG oleico em comparação aos AGS, reduz a concentração plasmática de lipoproteínas de baixa densidade-colesterol (LDL-c) e não provoca oxidação das LDL. Uma das hipóteses é que o AG oleico pode ser um melhor substrato para a ACAT no fígado. Conseqüentemente, o excesso de colesterol na forma livre é rapidamente esterificado, não induzindo a supressão de receptores de LDL. Além disso, o oleico induz menor síntese endógena de colesterol, quando comparado a AGP. A ACAT é uma enzima importante na homeostase do colesterol, está presente no fígado e catalisa a formação de ésteres de colesterol a partir de colesterol. Na reação, um AG da coenzima A (CoA) é transferido para o grupo hidroxila do colesterol e de acil-coA, transformando assim, o colesterol em uma substância ainda mais hidrofóbica que será armazenada ou transportada para outros tecidos.

De acordo com Curi et al., (2002), os ácidos graxos insaturados (AGI) são divididos em quatro classes composta por uma família de AG, sendo $\omega 7$ (palmitoleico), $\omega 9$ (oleico), $\omega 6$ (linoleico) e $\omega 3$ (linolênico). Cada uma dessas classes é composta por uma família de AG, sendo que todos da família podem ser sintetizados biologicamente a partir daqueles oferecidos na dieta, por exemplo, o AG araquidônico (C20:4 $\omega 6$), sintetizado a partir do ácido da classe $\omega 6$ (AG linoleico).

Ao contrário, nenhum membro de famílias distintas pode ser convertido em membro de outra família (CURI et al., 2002). Dos AGP, destacam-se aqueles das séries $\omega 3$ e $\omega 6$; um AG é chamado de $\omega 3$ quando a primeira dupla ligação está localizada no carbono 3 a partir do radical metil (CH₃), e $\omega 6$ quando a dupla ligação está no sexto carbono da cadeia a partir do mesmo radical (MORAES & COLLA, 2006).

Os principais $\omega 3$ são o ácido linolênico, o EPA e o DHA de origem marinha os quais possuem ação de inibir a síntese de triacilglicerol em nível hepático (KINSELLA, 1990; HANS et al., 2002). De acordo com os autores é reconhecido que ingestões adequadas deste ácido podem reduzir os níveis de triacilglicerois séricos consideravelmente, muito mais do que outros AGI.

Em relação aos principais $\omega 6$, destacam-se o ácido linoleico 18:2 e o ácido araquidônico 20:4. Os $\omega 6$ (AG linoleico) e $\omega 3$ (AG linolênico) consistem de AGP contendo de 18 a 22 carbonos (Figura 4) e são considerados AG essenciais, devido à falta de enzimas dessaturases, responsáveis em inserir a dupla ligação entre os carbonos 3 e 4 e 6 e 7, assim como de enzimas hidrogenases responsáveis em removê-las.

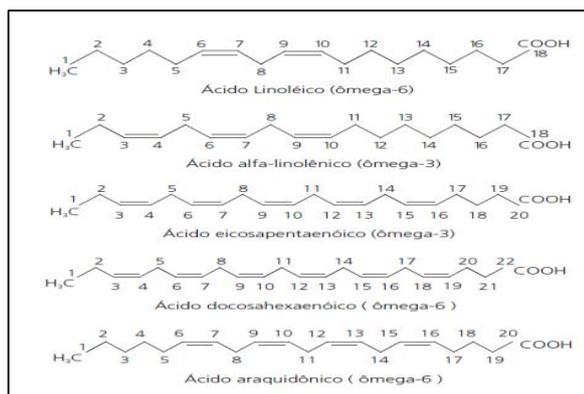


Figura 4. Estruturas dos ácidos graxos das famílias $\omega 3$ e $\omega 6$.

Fonte: adaptado de Murray, 2007.

O AG linoleico e o AG α -linolênico, porém, podem ser alongados e dessaturados pelo sistema enzimático para produzir o DHA e EPA, a partir de óleos vegetais provenientes da alimentação, porém isso ocorre em baixa porcentagem (KINSELLA, 1990; CONNOR, 2000; CURTIS et al., 2002).

O ácido ARA é obtido a partir de fosfolipídios de reserva do organismo, da dieta e a partir do processo de alongamento e dessaturação do ácido linoleico. É considerado também um AG essencial quando a dieta é deficiente em ácido linoleico, pois após a sua ingestão, o linoleico pode sofrer alterações de dessaturação e alongamento para formar outros AGP $\omega 6$, tais como os ácidos γ -linolênico e di-homo γ -linolênico. Este último é metabolicamente convertido para o ácido ARA, o qual tem importante papel como substrato para uma grande variedade de metabólitos, especialmente de algumas moléculas pró-inflamatórias (KINSELLA, 1990; SCHAEFER, 1998), que na presença da enzima lipoxigenase ou cicloxigenase, converte-se em peróxidos lineais ou cíclicos. Um peróxido cíclico transforma-se dentro das plaquetas em tromboxano (TXA₂) e, no endotélio dos vasos sanguíneos, em prostaciclina (PGI₂) e diversos protaglandinas (SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002), metabolismo representado na Figura 5.

Os ácidos EPA e DHA são obtidos por meio da dieta ou sintetizados pelo organismo a partir dos ácidos linoleico e α -linolênico. A enzima alongase age acrescentando dois átomos de carbono à parte inicial da cadeia, e as dessaturases agem oxidando dois carbonos da cadeia, originando uma dupla ligação com a configuração *cis*. Porém, no metabolismo destes ácidos, os mesmos utilizam as enzimas dessaturases e uma elongase para produzir seus derivados com 20 átomos de carbonos, sendo o ácido

EPA ω 3, ácido ARA ω 6 e ácido eicosatrienoico (ω 9), sendo a ordem de preferência dos substratos para essas enzimas primeiramente para o ácido da família ω 3, em seguida para ω 6 e por último para o ω 9. Dessa forma, os AG das famílias ω 3, ω 6 e ω 9 competem entre si, o que interfere em seus metabolismos. Esta competição ocorre em especial, na etapa de dessaturação pela enzima Δ 6 dessaturase e que geralmente possuem maior afinidade para os substratos com maior número de insaturações (KINSELLA,1990; SCHAEFER, 1998).

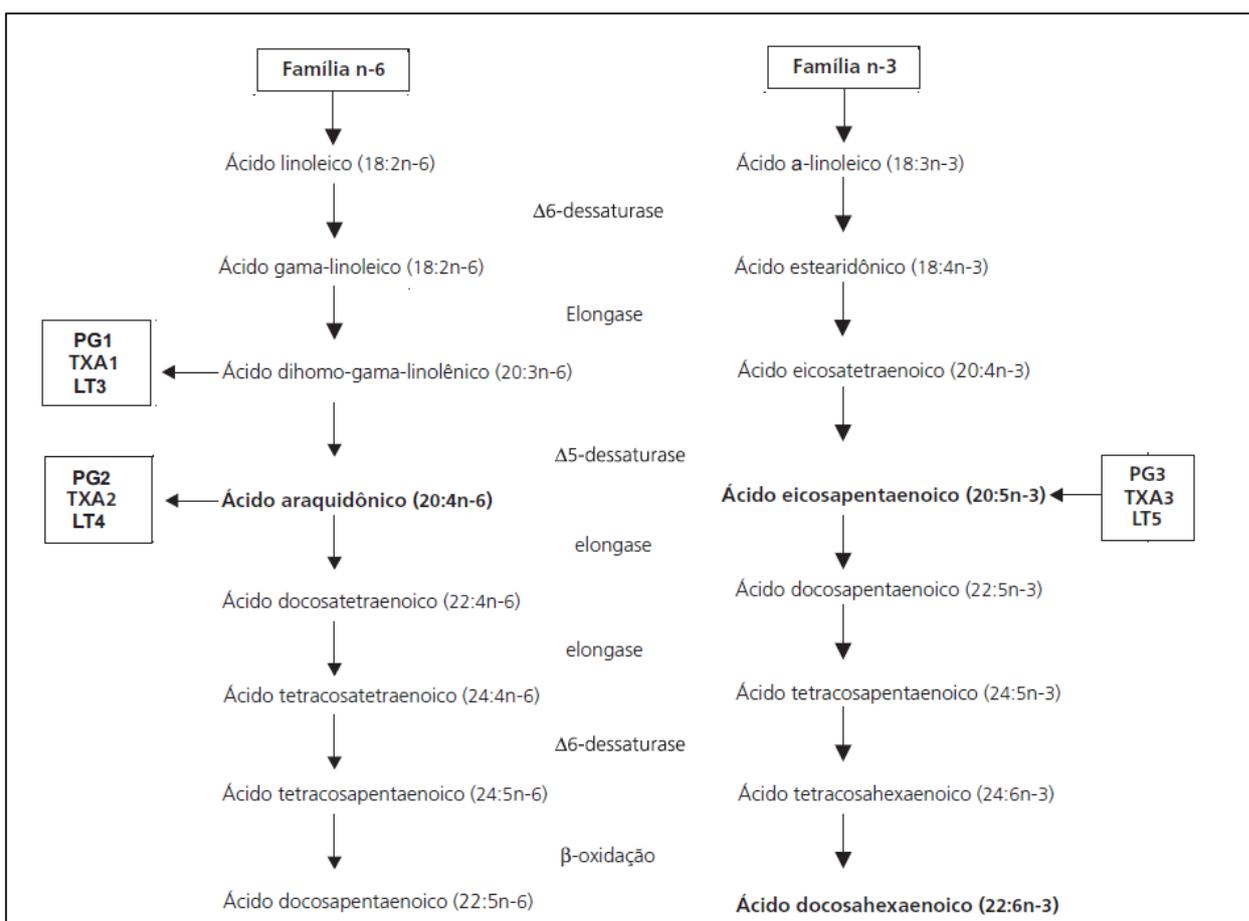


Figura 5. Biossíntese dos AG ω 3, ω 6, araquidônico e formação de eicosanoides

Fonte: adaptado de CALDER & YAQOUB, 2009.

Os produtos do metabolismo de elongação e de dessaturação destes AG obrigatoriamente são da mesma família desses substratos, ou seja, os ácidos EPA e DHA são originados do metabolismo do ácido α -linolênico, assim como o ácido araquidônico é o produto do metabolismo do ácido linoleico. Os mesmos serão utilizados como fonte de energia e em especial os AG essenciais como precursores de eicosanoides, participação em processos fisiológicos e como mediadores de respostas

imune e inflamatória somente após os processos de absorção, transporte intracelular, transporte plasmático e síntese (KINSELLA, 1990; SCHAEFER, 1998).

Na deficiência dos $\omega 3$ e $\omega 6$, ocorre um acúmulo de um AGP $\omega 9$, o ácido *cis*-5,8,11 eicosatrienoico, geralmente não encontrado no organismo e utilizado no diagnóstico das condições de deficiência dos AG $\omega 3$ e AG $\omega 6$. Tanto o ácido $\omega 6$ como o $\omega 3$ têm sido associados aos benefícios para a saúde cardiovascular, porém a relação $\omega 6/\omega 3$ baseia-se na competição existente entre os ácidos linoleico e α -linolênico pela ação da enzima Δ -6 dessaturase. Se por um lado, um consumo elevado de ácido linoleico pode diminuir o metabolismo do ácido α -linolênico a EPA e DHA (LIOU et al, 2007), limitando os benefícios do ácido $\omega 3$, por outro, a maior afinidade da enzima Δ -6-dessaturase pelos $\omega 3$ pode fazer que os metabólitos essenciais do ácido linoleico não sejam produzidos de forma suficiente e satisfatória, o que se torna justificável uma recomendação para um pequeno aumento de seu consumo quando comparado ao ácido $\omega 3$ (HARRIS, 2006; HARRIS et al, 2009).

Diante dessas questões e até que surjam novas informações científicas que permitam modificações de conduta, as recomendações dietéticas atualmente devem ser feitas com base no consumo total de cada AGP e não somente com base na relação $\omega 6/\omega 3$. Numa dieta de 2.500 Kcal (exemplo), a recomendação é que 60% ou 1500 Kcal seja para carboidratos; 15% ou 375 Kcal para proteínas e 25% ou 625 Kcal para lipídios que convertidos em gramas de gordura correspondem a 69,4 g do conteúdo total de gordura da dieta (100%). Assim, necessita-se apenas distribuir este valor como preconizado: lipídios saturados (<20% ou 13g), monoinsaturado (55% ou 38g) e poli-insaturado (25% ou 17g). Então, dentro da proporção recomendada de 5:1, temos 14 g do ácido $\omega 6$ e 3 g do ácido $\omega 3$ (SANTOS et al., 2013).

Quanto aos benefícios dos AGP, vários estudos têm demonstrado os diferentes aspectos fisiológicos e do metabolismo responsáveis pelo desenvolvimento de doenças cardiovasculares, tais como melhora da função autonômica, antiarrítmico, diminuição da agregação plaquetária e da pressão arterial, melhora da função endotelial e estabilização da placa de ateroma e de triacilgliceróis. Estes ácidos também são indispensáveis aos recém-nascidos por representarem um terço da estrutura de lipídios no cérebro, carências destas substâncias podem ocasionar redução da produção de enzimas relacionadas às funções do aprendizado (SIMOPOULOS, 1991).

O suprimento adequado de DHA na alimentação dos bebês é fundamental para o desenvolvimento da retina. Este ácido é o maior constituinte da porção fosfolipídica das células receptoras e está presente ainda no cérebro humano e em diversos tecidos corporais (CHAWFORD, 1992; CONNOR, NEURINGER & REISBICK, 1992; ALESSANDRI et al., 1998; YU-POTH et al., 2005; SANTOS et al., 2013).

Estudos epidemiológicos têm demonstrado que a ingestão de pelo menos duas refeições a base de peixe por semana como parte de uma dieta saudável (SANTOS et al., 2013) têm efeito favorável à saúde.

3.5.3 Ácidos Graxos Trans

Devido à presença de insaturações na molécula, os AG podem apresentar isomeria de posição e isomeria geométrica. Os AG são encontrados naturalmente na forma geométrica *cis*, em que os átomos de menor massa molar encontram-se paralelos. Os AG *trans* (AGT), nos quais os átomos de menor peso molecular estão dispostos de forma diagonal, são formados durante o processo de hidrogenação parcial das duplas ligações, em decorrência das condições de processo, como a temperatura, a pressão e agitação (SEMMA, 2002). É conhecido que as formas *trans* elevam o colesterol da LDL, como os AGS, e ainda com um efeito adicional, reduzem o colesterol da HDL, aumentando, portanto, a relação colesterol total/HDL (MENSINK et al., 2003).

As temperaturas elevadas, de 200 a 220° C, utilizadas principalmente em métodos de cocção como a fritura, parecem ter um papel importante na formação de subprodutos lipídicos, assim como monômeros cíclicos de AG e AG isoméricos geométricos, e um ponto crítico não somente para a quantificação de produtos formados, mas também para a natureza desses componentes (SEBEDIO et al., 1993).

Embora o conteúdo de AGT ainda não esteja disponível em tabelas brasileiras de composição dos alimentos, a legislação brasileira por meio da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, tem procurado identificar o conteúdo em alimentos e o consumo diário desses lipídios, pois não é recomendável o consumo de AGT, devido a contribuição destes ácidos para as condições desfavoráveis à saúde, como o sobrepeso e a obesidade, doenças do coração, hipertensão e resistência à insulina (CHIARA, SICHIERI & CARVALHO, 2003).

3.6. A IMPORTÂNCIA DO PEIXE NA ALIMENTAÇÃO: ASPECTOS NUTRICIONAIS E BENEFÍCIOS À SAÚDE

Estudos epidemiológicos têm demonstrado que a ingestão de peixes regularmente na dieta tem efeito favorável sobre os níveis de triglicerídeos, pressão sanguínea, mecanismo de coagulação e ritmo cardíaco, na prevenção do câncer (mama, próstata e cólon) e redução da incidência de arteriosclerose (SOUZA, SOUZA NETO & MAIA, 2003). Os AG ω 3 são também indispensáveis para os recém-nascidos por representarem um terço da estrutura de lipídios no cérebro, carências destas substâncias podem ocasionar redução da produção de enzimas relacionadas às funções do aprendizado.

O suprimento adequado de DHA na alimentação dos bebês é fundamental para o desenvolvimento da retina. Este ácido é o maior constituinte da porção fosfolipídica das células receptoras e está presente ainda no cérebro humano e em diversos tecidos corporais (CHAWFORD, 1992; CONNOR, NEURINGER & REISBICK, 1992; ALESSANDRI et al., 1998).

Considera-se que os AGS induzem a hipercolesterolemia enquanto que os AGP apresentam efeito de redução da hipercolesterolemia (LIN HE & FERNANDEZ et al., 1988; KURUSHIMA et al., 1995; ERKKILA et al., 1999). Há várias explicações acerca dos mecanismos pelos quais os AG afetam as concentrações do colesterol plasmático, tais como mudanças na composição das lipoproteínas, na produção de LDL, na produção de VLDL pelo fígado e na atividade dos receptores da LDL.

No estudo realizado por KURUSHIMA et al., (1995) os efeitos da adição de colesterol e AG na dieta de cobaias *hamsters* foram avaliados, em que os animais foram alimentados por quatro semanas com dietas padrão adicionadas de colesterol e ácido oléico ou palmítico. A adição de 0,1% de colesterol à dieta padrão aumentou os níveis plasmáticos de colesterol total, VLDL e LDL. A adição de 5% de ácido palmítico à dieta com 0,1% de colesterol aumentou ainda mais os níveis plasmáticos de colesterol total e LDL enquanto que com a adição de 5% de ácido oléico à dieta com 0.1% de colesterol houve diminuição dos níveis de colesterol total, VLDL e LDL. Foi atribuída que a ação do ácido oléico deve-se ao aumento da atividade do receptor hepático da LDL, enquanto o ácido palmítico apresentou efeito inverso.

Além de seu papel nutricional na dieta, os AG ω 3 podem ajudar a prevenir ou tratar uma variedade de doenças, incluindo doenças do coração, câncer, artrite,

depressão, *Alzheimer* entre outros. Os AG ω 3 devem ser consumidos numa proporção equilibrada com os AG ω 6. Os nutricionistas acreditam que uma proporção ideal seria de aproximadamente de 5:1 de ω 6 para ω 3 (KURUSHIMA et al., 1995).

A relação ideal entre ω 6 e ω 3 na dieta diária ainda não está bem estabelecida, porém recomenda-se que a ingestão de linoléico não deva exceder 10% do total de calorias. SIMOPOULOS (2002) afirma que nas dietas ocidentais a razão ω 6/ ω 3 é de aproximadamente 20 a 30:1 e recomendam uma proporção de 5:1 até 10:1, valores elevados em relação àqueles considerados ideais de 1:1 a 2:1, enquanto o *Department of Health* da Inglaterra recomenda que o valor da razão ω 6/ ω 3 seja no máximo 4 (ALMEIDA & BUENO FRANCO, 2006).

Os AG ω 6 derivados do ácido linoléico exercem importante papel fisiológico: participam da estrutura de membranas celulares, influenciando a viscosidade sangüínea, permeabilidade dos vasos, ação antiagregadora, pressão arterial, reação inflamatória e funções plaquetárias. Estudos mostram os efeitos causados pela substituição de gordura saturada por gordura monoinsaturada na dieta, com a redução nos níveis de colesterol total e de LDL, sem alterar significativamente os níveis de HDL (SIMOPOULOS, 2002).

Os ácidos palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0) elevam os níveis de LDL-c em maior proporção que o ácido esteárico (C18:0). O ácido láurico (C12:0) promove hipercolesterolemia, sendo em menor quantidade que os ácidos palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0). Acredita-se que os AGM, como por exemplo, o ácido oléico, não influem nos níveis de colesterol. Com relação ao ácido elaídico (C18:1), resultante dos processos de hidrogenação de óleos vegetais, existem indícios de que poderia induzir hipercolesterolemia. Por sua vez os AGP, como o ácido linoléico (C18:2), reduzem os níveis séricos de LDL-c (FUENTES, 1998).

Em nutrição humana, o peixe constitui fonte de proteínas de alto valor biológico, tão importante quanto à carne bovina. Em muitos países, principalmente da Europa e da Ásia, é a proteína de origem animal mais consumida (LEDERER, 1990).

Os peixes possuem uma boa qualidade nutricional de seus lipídios, por meio da presença significativa de AG das séries ω 3 e ω 6 que são precursores na biossíntese de eicosanóides: prostaglandinas, tromboxanas e leucotrienos com atividade antiinflamatória, anticoagulante, vasodilatadora e antiagregante (RODRÍGUEZ, MEGÍAS, BAENA, 2003; PIMENTEL, FRANCKI & GOLLÜCKE, 2005). Os eicosanóides exercem importantes funções no organismo, além de quantidades pequenas de

colesterol (TOCHER & SARGENT, 1984; MOREIRA et al., 2001), características que têm estimulado o consumo de peixes tanto de água doce como salgada (JUSTI et al., 2003).

De acordo com LEDERER (1990), o valor calórico dos peixes como alimento depende do teor de gordura; assim, tem-se: peixes magros, com menos de 1% de gordura: bacalhau (0,14%), carpa (0,5%), pescada (0,6%), truta (0,7%), linguado (0,8%); peixes meio gordos, com 7% a 8% de gordura: salmão, arenque, cavala, congro e peixes gordos, com mais de 15% de gordura: atum, enguia e outros.

Embora, extremamente variável, a composição química da carne de pescado, particularmente dos peixes, aproxima-se bastante da composição dos animais terrestres. Seu principal componente é a água, cuja proporção, na parte comestível, pode variar de 65% a 90%, seguida pelas proteínas, de 8% a 23% e pela gordura, de 0,5% a 25% (BADOLATO et al., 1994).

Com relação aos AG, a variação apresentada em relação a sua composição é explicada pela flutuação na qualidade e quantidade de alimentos, especialmente fitoplâncton, disponível aos peixes. Esses alimentos são as maiores fontes de diversos AG, principalmente os da série ω 3. Por esta razão a espécie de peixe passa a ser fator secundário no mecanismo de formação dos AG (BADOLATO et al., 1994).

Sabe-se que 100 g de peixe, por exemplo, contêm 80 calorias enquanto que a mesma quantidade de carne bovina magra representa 210 calorias; para esta mesma quantidade, os valores das proteínas são, respectivamente, 16 e 18 (ASCHERIO et al., 1995).

Em estudo de revisão realizado por ALMEIDA & BUENO FRANCO (2006), observou-se que o AG palmítico e o oléico atingiram a mais alta percentagem tanto no pescado de água marinha como de água doce. Na maioria dos peixes examinados o DHA, seguido do EPA e α -linolênico são as maiores fontes de AGP ω 3, enquanto o linoléico e o araquidônico são os que mais contribuíram como fonte de AGP ω 6. A composição de AG para peixes marinhos apresentou maiores proporções de AGP ω 3 do que peixes de água doce, porém em algumas pesquisas os peixes de água doce apresentaram maiores quantidade de AGP ω 3 do que peixes marinhos.

Devido à quantidade mínima de tecido conjuntivo, os peixes são de alta digestibilidade, a qual apresenta relação inversa com o teor de gordura, ou seja, os peixes considerados como magros são os mais digeríveis. Por outro lado, contêm quantidade significativa de fósforo (250 g 100⁻¹ de tecido), e iodo (peixes de mar) e pouco cálcio e ferro. Nos peixes com teores de gordura acima de 15%, são encontrados níveis

elevados de vitaminas A e D na musculatura (carne); nos demais, a concentração é sempre elevada no fígado. Apesar de a carne conter quantidades apreciáveis de vitamina B1, apenas nos peixes muito frescos é possível aproveitá-la, pois a tiaminase, presente na musculatura, cinde rapidamente a B1 em piridina e em tiazol (LEDERER, 1990). Não há diferença entre o teor de sódio dos peixes do mar e dos rios.

É reconhecido que variáveis não controláveis, tais como a situação geográfica, estação do ano, sexo, hábitos alimentares e período reprodutivo modificam a composição nutricional de peixes, especialmente aqueles de água salgada. (PUWASTIEN et al.,1999).

De uma maneira geral, verifica-se que os peixes representam uma fonte de diversos componentes com significativo valor nutricional. São uma das maiores reservas de AGP, especialmente o EPA e o DHA, da família $\omega 3$, aos quais são atribuídos numerosos benefícios à saúde (PUWASTIEN et al.,1999).

Estudos têm demonstrado que os AG são importantes no desenvolvimento do sistema nervoso central e no funcionamento ideal dos mesmos. A principal fase em que deve haver AGP $\omega 3$ na dieta humana é quando há o desenvolvimento rápido do cérebro, o que ocorre do terceiro trimestre da gestação até 18 meses após o nascimento (HOLMAN, 1998).

O aumento da quantidade de AGP $\omega 6$ nas dietas ocidentais, uma vez que os produtos metabólicos de eicosanóides produzidos a partir do ARA são formados em quantidades maiores do que aqueles produzidos a partir de AGP $\omega 3$, especificamente EPA. Atualmente, as dietas contem pouca e desigual quantidade de AGP $\omega 6$ e AGP $\omega 3$ e ainda certa quantidade de AGT. As dietas no ocidente contêm maior quantidade de $\omega 6$ devido à indiscriminada recomendação na substituição de AGS por $\omega 6$ (SIMOPOULOS, 1991^a, 1999^b). Estudos epidemiológicos correlacionaram a baixa incidência de doenças cardiovasculares (DCV) nos esquimós e japoneses, devido ao consumo dos AGP $\omega 3$ provenientes de peixes marinhos (DYERBERG & BANG, 1979; JORGENSEN & DYERBERG,1983).

3.7. FONTES ALIMENTARES DOS ÁCIDOS GRAXOS LINOLÉICO, α -LINOLÉICO, ARAQUIDÔNICO, EPA E DHA

A Tabela 1 apresenta as concentrações de ácidos em alimentos de origem animal. Entre os peixes, os de origem marinha, como a sardinha e o salmão, geralmente apresentam quantidades maiores de EPA e DHA que os peixes oriundos de águas continentais. Isso ocorre, devido à expressiva quantidade desses AG no fitoplâncton, que provê a sua distribuição ao longo da cadeia alimentar marinha. Nos alimentos provenientes de animais terrestres, que não foram submetidos a dietas com fontes adicionais de α -linolênico, geralmente não se observa a presença de EPA e DHA. Contudo, alguns desses alimentos são fontes do AG ARA (MARTIN et al., 2006).

Tabela 1. Concentração dos ácidos linoléico, α -linolênico, EPA e DHA em alimentos de origem animal.

Alimento	C18:2n6	C18:3n3	C20:4n3	C20:5n3	C22:6n3
	(mg/g)				
Carne bovina ¹	4,1	0,4	0,5	-	-
Carne de frango ¹	46,5	2,5	1,6	0,2	0,2
Bagre ²	26,2	1,8	1,0	1,2	2,2
Carpa ²	6,6	3,5	2,0	3,1	1,5
Salmão ²	2,2	3,8	3,4	4,1	14,3
Sardinha ^{1a}	35,4	5,0	-	4,7	5,1
Tilápia ²	2,9	0,5	3,5	-	1,3
Truta ²	2,2	2,0	2,4	2,6	6,7
Leite de vaca ¹	16,7	0,8	-	-	-
Leite decabra ¹	10,9	0,4	-	-	-
Salsicha (bovina) ¹	5,7	0,5	-	-	-
Ovos (galinha) ¹	26,1	0,5	5,0	-	1,1

¹ Alimento fresco, ² Cozido, ³ Grelhado, ^aenlatada com óleo de soja

Fonte: Martin et al, 2006.

3.8. ÍNDICE DE QUALIDADE NUTRICIONAL (IQN) DO PERFIL LIPÍDICO

Segundo o *Departamento of health and social security* (1984), os resultados da razão entre os AGP e AGS é normalmente utilizada para avaliar o valor nutricional do perfil de AG da dieta e cuja recomendação como desejável é que esteja acima de 0,45. Dietas com razão inferior a este valor têm sido consideradas desfavoráveis por potencializar a hipercolesterolemia.

No entanto, esta relação não é a mais indicada para avaliar o valor nutricional dos AG na dieta, pois se considera unicamente a estrutura química dos AG, equivocando-se em atribuir efeitos hipercolesterolêmicos a todos os AGS, sem levar em consideração os efeitos hipocolesterolêmicos dos AGM. Assim sendo, a melhor maneira de estimar o perfil destes AG é baseada na relação dos efeitos funcionais dos AG utilizando a razão entre os ácidos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos (HIPO/HIPER), que utiliza como referência para produtos cárneos, uma recomendação de valor igual a dois. Quanto maior for este valor mais desejável sob o aspecto nutricional, indicando que este alimento possui AG hipocolesterolêmicos e, conseqüentemente, reduzem o risco de DCV (SANTOS-SILVA, BESSA & SANTOS-SILVA, 2002).

O índice de aterogenicidade (IA) e índice de trombogenicidade (IT) estabelecem um instrumento utilizando equações matemáticas para avaliar a qualidade nutricional dos resultados obtidos dos teores de AG em alimento. Para o cálculo são utilizados alguns dos AG importantes e que estão envolvidos nos processos pró-inflamatórios ou anti-inflamatórios do sistema cardiovascular (ULBRICHTH & SOUTHGATE, 1991).

Os ácidos mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) são considerados como trombogênicos, e os AGP ω 6 e ω 3 e AGM como anti-trombogênicos, os quais são utilizados para o cálculo do IT. Porém, é atribuído aos AG ω 3 maior efeito anti-trombogênico que os AG ω 6 e AGM. Os AG podem causar ou prevenir o aparecimento de aterosclerose e de trombose coronariana baseados em seus efeitos sobre o colesterol sérico e sobre as concentrações de LDL. Quanto menores os valores de IA e IT maior é a quantidade de AG anti-aterogênicos presentes nos óleos e gorduras e, portanto, maior é o potencial de prevenção ao aparecimento de doenças coronarianas. Estes índices (IA e IT) indicam o potencial de estímulo à agregação plaquetária (ULBRICHTH &

SOUTHGATE, 1991; TURAN & KAYA, 2007). Quanto maior a razão entre AG hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos, o mais adequado nutricionalmente é o óleo ou a gordura, ao contrário dos IA e IT (HORROCKS & YEO, 1999; GARAFFO et al., 2011).

Outra análise bastante utilizada do IQN é a relação de uma proporção desejável $\omega 6/\omega 3$. As recomendações dietéticas em relação aos níveis de ingestão de AG variam entre os países e metas nutricionais. Apesar dos esforços para desenvolver recomendações nutricionais baseadas em evidências e diretrizes alimentares que possam contribuir para melhoria da saúde, estas recomendações ainda são controversas (ARANCETA & PÉREZ-RODRIGO, 2012). Segundo Comitê de Especialistas da *Food and Agriculture Organization (FAO)/World Health Organization (WHO)* em Gorduras e Ácidos Graxos na Nutrição Humana, se a ingestão dos AG $\omega 6$ e $\omega 3$ encontra-se dentro da recomendação estabelecida, não existe recomendação de uma proporção ideal desses AG (FAO, 2010).

Baseada nas recomendações de KRAUSS et al., (2000); KRIS-ETHERTON et al., (2003), uma ingestão de 0,3 a 0,5 g/dia para uma dieta de 2000 kcal é considerada ideal para os ácidos EPA+DHA. Para esta análise não existe até o momento evidências suficientes para as recomendações de forma separada para cada um desses AG e que a maioria dos estudos avaliam os ácidos EPA e DHA de forma combinada (SANTOS et al., 2013).

Não existe uma recomendação específica para a relação EPA/DHA, considerando-se que cada um deles possui uma função no organismo. Estes AGP $\omega 3$ têm eficácia anti-aterosclerótica, redução da pressão sanguínea, além de controlar a síntese dos eicosanóides, sendo indispensável para a saúde humana (SIMOPOULOS, 2001; GEBAUER, 2006). Particularmente o DHA tem papel importante na formação, desenvolvimento e funcionamento do cérebro e da retina, além disso, tem importante papel no desenvolvimento fetal e infantil durante a gravidez e a amamentação (KRIS-ETHERTON, GRIEGER & ETHERTON, 2009).

Alguns estudos sobre a relação entre ARA e $\omega 3$ EPA têm sido de grande interesse para avaliar o IQN sugerindo que à medida que ocorre um aumento da relação de ARA/EPA haverá uma redução do valor nutricional do óleo de peixe, visto que o EPA e ARA têm efeitos opostos em vários mediadores pro-inflamatórios (LARSEN, EILERTSEN & ELVEVOLL, 2011; HOSSEINI, 2014).

Com relação ao índice AGI/AGS quanto maior a razão mais benefícios à saúde, visto que grandes quantidades de AGP reduzem os lipídios séricos (FAO, 2010).

3.9. TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS E FÍSICAS NO PREPARO DE ALIMENTOS

Durante o processo de cocção dos alimentos observa-se uma complexa sequência de reações químicas, nas quais constituintes sofrem decomposição e ocorre a formação de novas substâncias, vários delas de estrutura química ainda desconhecida (MUSTAFA & MEDEIROS, 1985). O processo de cocção do alimento rompe o sistema de membranas celulares, expondo os componentes lipídicos ao oxigênio e catalisadores como o ferro, originando produtos de oxidação (KHALIL & MANSOUR, 1998).

Os objetivos dos métodos de cocção engloba desde melhorar aspectos sensoriais, como, a cor, o sabor, a textura agradável, como também preservar os valores nutricionais do alimento. Nas carnes vermelhas o calor endurece as fibras musculares e gelatiniza o colágeno. Na cocção em calor seco ocorre desidratação e concentração dos constituintes, e em calor úmido ocorre hidratação e diluição. Alterações semelhantes podem ser esperadas na cocção de peixes (PENFIELD & CAMPBELL, 1990).

O valor nutritivo de peixes pode ser afetado pelos métodos de preparação, sendo a aplicação de calor um dos métodos mais importantes disponíveis para a sua preservação, melhoria da qualidade e conveniência do consumidor. A composição do peixe, bem como as suas propriedades físico-químicas, sofre alterações significativas durante o tratamento térmico. Especialmente o teor de lipídios original do peixe, associado ao método de cocção estão entre os fatores que afetam a qualidade final do produto. Vários autores demonstraram que o processo de cocção pode afetar a composição lipídica do peixe, especialmente o perfil de AG, alterando o valor nutricional, como a perda de AG essenciais, devido principalmente à oxidação lipídica de produtos cozidos em relação aos crus. No entanto, existe uma grande variabilidade de alterações dos AG em resposta aos diferentes métodos de cozimento (GARCIA-ARIAS et al., 2003^b; TARLEY et al., 2004; GLADYSHEV et al., 2006, GLADYSHEV et al., 2007).

Os métodos de cocção assar, grelhar, refogar, fritar, cozer com ou sem imersão em água, utilizados em uma grande variedade de alimentos, incluindo as carnes, frango e peixes são frequentemente utilizados em serviços de alimentação como forma de variar as preparações e evitar a monotonia nos cardápios, sendo importante o desenvolvimento de técnicas culinárias que potencializem a retenção de nutrientes

durante a preparação e processamento dos alimentos (HSIEH, MATEWS & HARTEL, 1991; PROENÇA, 1999; LOMBARDI-BOCCIA, LANZI & AGUZZI, 2005).

As tecnologias utilizadas na produção de alimentos destinados a alimentação coletiva são classificadas em: inovações em equipamentos; inovações em produtos alimentícios e inovações em processos produtivos. Nas inovações em equipamentos sua utilização é associada a mecanismos de transmissão de calor, por meio de aparelhos de cocção e resfriamento. Para o preparo dos alimentos, as inovações referem-se à elaboração antecipada dos mesmos, de forma a facilitar o preparo, garantir qualidade e aumentar o prazo de validade do alimento. Com relação aos processos produtivos, a utilização de alimentos pré-elaborados utilizados na cozinha de montagem, proporciona mudanças significativas nos custos totais da refeição, bem como a utilização do processo de cadeia fria, em que ocorre uma dissociação temporal e espacial entre o preparo e a distribuição das refeições até o consumidor final (PROENÇA, 1999).

O processo de cocção a vapor representa uma das melhores inovações tecnológicas disponível para a alimentação institucional. Um forno de convecção a vapor, também, denominado forno combinado ou *combi*, é um equipamento utilizado em serviços de alimentação, e produzido por diferentes empresas disponíveis no mercado nacional e internacional (DANOWSKA-OZIEWICZ, SKA-TYMOSZCZYK & BOROWSKI, 2007).

Os alimentos preparados nestes fornos são caracterizados por sua habilidade de reter um alto valor nutricional e propriedades sensoriais mais atrativas. Além disso, outras vantagens do emprego dessa técnica de cocção são as possibilidades de coccionar produtos considerados “sensíveis” simultaneamente sem o receio da troca de aromas. No entanto, a literatura que se concentra no uso do forno de convecção a vapor ao preparar refeições e, por consequência, seus efeitos na qualidade dos alimentos nele aquecidos, é ainda muito limitada. Os resultados presentes na literatura mostram que o tratamento de calor em alimentos influencia nas perdas durante o cozimento e no conteúdo de componentes químicos; dependendo do método de cozimento aplicado, o tipo de alimento e sua preparação básica (VITADINI et al., 2005; DANOWSKA-OZIEWICZ, SKA-TYMOSZCZYK & BOROWSKI, 2007).

O procedimento de grelhar o alimento pode ser definido como um método em que o ar quente se renova continuamente, o que impede que o alimento fique umedecido sem a utilização de nenhuma quantidade de óleo. Em relação à técnica de assar, alimento é tostado até adquirir uma crosta por fora, que impede a saída de suco,

deixando-o úmido e cozido por dentro. Este processo pode ser feito em espeto, grelha ou forno. Em geral, a temperatura fica entre 160 °C a 180 °C (EVANGELISTA, 2005).

A cocção em líquido consiste em levar o alimento ao calor em molho ou caldo. Os tipos de cocção em que se emprega o calor úmido são a fervura em fogo lento em que é a cocção de longa duração, com líquido suficiente para cobrir o alimento, cuja temperatura não deve ultrapassar 95 °C e a fervura por ebulição que consiste em cozinhar os alimentos em água abundante, a uma temperatura de 100 °C (EVANGELISTA, 2005).

Para a cocção em micro-ondas, a mesma ocorre por meio de ondas eletromagnéticas, geradas por unidades emissoras chamadas magnétrons. O aquecimento no forno de micro-ondas se dá à medida que as micro-ondas penetram no alimento, causando fricção entre as moléculas de água e conseqüentemente produzindo calor (PHILIPPI, 2004).

Nos processos de cocção seca a perda de peso ocorre como o resultado da evaporação e da perda de sólidos. Nesse caso, o tamanho do alimento é um fator importante, pois existe a tendência de filés pequenos terem maiores perdas do que os de maior tamanho (MAI & KINSELLA, 1981). O teor de umidade nos peixes submetidos ao calor seco causa uma concentração de alguns minerais e proteínas. A umidade, importante para a suculência e palatabilidade da carne como alimento, é mais baixa nos pescados submetidos à cocção em forno micro-ondas, devido à perda de peso mais elevada que ocorre nesse método. Esse comportamento foi verificado em filés de cavalinha, garoupa, caranha vermelha e pampo da Flórida (GALL et al., 1983); sardinha (GARCÍA-ARIAS, PONTES & GARCÍA-LINARES, 2003), trutas arco-íris (GOKOGLU, YERLIKAYA & CENGIZ, 2004) e tilápias do Nilo (FERREIRA, 2005).

Segundo POTTER & HOTCHKISS (1995), quando utilizado formas de aquecimento convencionais (chama direta, ar quente, contato direto com chapa quente e outros similares), as fontes de calor fazem com que as moléculas do alimento sejam aquecidas da superfície da peça até o interior da massa muscular, de maneira que o aquecimento ocorre em camadas sucessivas. Isso pode determinar um cozimento do exterior da peça, ou seja, a coagulação das proteínas, formando um envoltório (uma casca), que evitaria a perda de componentes cárneos para o exterior antes que sua temperatura interna aumente, resultando em perdas mais baixas no cozimento. Entretanto, a transferência de calor por micro-ondas ocorre por meio da irradiação eletromagnética, emitida por um corpo quente e absorvida por um corpo frio, que

determina aumento da energia cinética proporcionado por uma excitação térmica na qual a distribuição da temperatura é homogênea desde a zona em que a temperatura é alta até a zona em que a temperatura é fria (ARAÚJO, 1982). Assim, o calor é gerado rápido e distribuído igualmente por toda a peça e as moléculas de água entram em ebulição no interior do alimento e o vapor aquece os sólidos adjacentes por condução que escapa para o meio externo (GIRARD, 1991).

PUWASTIEN et al. (1999), descreveram que a cocção ocasionou perda de umidade nos diferentes pescados, com perdas mais elevadas nos filés fritos por imersão. Outros trabalhos também demonstraram que os métodos de cozimento determinam alterações na composição química de peixes, quando comparados os alimentos cozidos ou assados aos crus (POTTER & HOTCHKISS, 1995; BADIANI et al., 2002; ROSA, 2003). As condições de cocção como temperatura e tempo, superfície de contato, método de cocção, conteúdo original de lipídios, tamanho e formato do peixe parecem ser os fatores responsáveis pelas alterações nos teores e composição dos lipídios dos peixes após a preparação (MAI et al., 1978; PENFIELD & CAMPBELL, 1990; SILVA, KUGA & FILHO, 1993; PUWASTIEN et al., 1999).

O conteúdo lipídico, original do peixe, está relacionado com as mudanças observadas nas quantidades após cocção, peixes gordos apresentam menores mudanças do que peixes magros. Por este motivo, dependendo do tipo de análise realizada para a quantificação dos nutrientes, existe necessidade de se estabelecer o fator de conversão do peixe cru para o peixe cozido (GALL et al., 1983; PUWASTIEN et al., 1999).

3.10. OS MÉTODOS DE COCÇÃO

3.10.1. Cocção em vapor

Atualmente, o processo de cocção em vapor representa uma das melhores tecnologias disponíveis para a alimentação institucional. Um forno de convecção a vapor, também, conhecido como forno combinado ou “combi”, é um equipamento utilizado em serviços de alimentação relativamente novo. Existem muitos tipos de fornos como estes produzidos por diferentes empresas disponíveis no mercado (DANOWSKA-OZIEWICZ, SKA-TYMOSZCZYK & BOROWSKI, 2007).

Apesar das origens diferentes e características básicas, eles têm, de acordo com os fabricantes, dois elementos principais em comum, onde os alimentos coccionados nestes fornos são caracterizados por sua habilidade de reter um alto valor nutricional e propriedades sensoriais mais atrativas. Além disso, os operadores têm outras vantagens tais como o baixo consumo de água e energia e operação simples e segura. Outras características que torna interessante o emprego dessa técnica de cocção é a possibilidade de coccionar produtos considerados “sensíveis” simultaneamente sem o receio da troca de aromas. Os usos possíveis de fornos de convecção a vapor incluem cozimento a vapor em temperaturas próximas a 100°C, aquecimento utilizando ar quente em temperaturas de até 300°C, aquecimento combinado de ar quente saturado com vapor na faixa de 0 a 100% e em temperaturas de até 300°C, tratamento suave baseado em umidificação e aquecimento em temperaturas entre 30°C e 99°C (DANOWSKA-OZIEWICZ, SKA-TYMOSZCZYK & BOROWSKI, 2007).

Vitadini et al., (2005) relataram que fornos “combi” são largamente usados na região de Parma (Itália) em restaurantes e eventos em função da economia de tempo e energia além da limpeza fácil. No entanto, a literatura que se concentra no uso do forno de convecção a vapor ao preparar refeições e, por consequência, seus efeitos na qualidade dos alimentos nele aquecidos, é ainda muito limitada. Os resultados presentes na literatura mostram que o tratamento de calor em alimentos influencia nas perdas durante o cozimento e no conteúdo de componentes químicos; dependendo do método de cozimento aplicado, o tipo de alimento e sua preparação básica.

Conforme fornecedores deste equipamento sugere-se que os peixes sejam coccionados como descrito na Tabela 2.

3.10.2. Cocção em grelha – Grelhado

Neste tipo de cocção o ar quente se renova continuamente, o que impede que o alimento fique umedecido e não é utilizado nenhuma quantidade de óleo (EVANGELISTA, 2005). Enquanto que o chapeado pode ser definido como um método em que a chapa é coberta por óleo, sendo o alimento frito com certa quantidade de óleo, diferentemente do grelhado (PROENÇA, 2005).

Tabela 2. Descrição da programação de utilização de fornos combinados a vapor

Produto	GN 1/1	Programar			Observação
		Tecla	°C	Tempo (min)	
Peixe Assado	250mm lisa ou grelha	Cozinhar em vapor	180	25	Vapor médio
Peixe Grelhado	25 mm lisa	Ar quente	220	8	
Peixe Ensopado	65 mm lisa	Cozinhar em vapor	150	30	Vapor médio

GN (*gastronorms*): utensílios em aço inox, esmaltados e acrílicos, de padrão internacional, utilizados no beneficiamento de alimentos. O GN 1/1 (320 mm x 350 mm) é o utensílio de referência na determinação da capacidade do forno combinado e dá origem a todos os outros GN do mercado. Existem ainda variações relacionadas com a profundidade e ao seu fundo (lisa, perfurada, ondulada).

3.10.3. Cocção em forno – Assado

O alimento assado é tostado até adquirir uma crosta por fora, que impede a saída de suco, deixando-o úmido e cozido por dentro. Este processo pode ser feito em espeto, grelha ou forno. Em geral a temperatura fica entre 160°C a 180°C (PROENÇA, 2005).

3.10.4. Cocção em líquido – Ensopado

A cocção em líquido, ensopado (calor úmido) consiste em levar o alimento à ação do fogo ou calor em molho ou caldo. Os tipos de cocção em que se emprega o calor úmido são a fervura em fogo lento, uma cocção de longa duração, com líquido suficiente para cobrir o alimento, cuja temperatura não deve ultrapassar 95°C. Já a fervura por ebulição consiste em cozinhar os alimentos em água abundante, a uma temperatura de 100°C (PHILIPPI, 2004).

3.10.5. Micro-ondas

A cocção em micro-ondas ocorre por meio de ondas eletromagnéticas, geradas por unidades emissoras chamadas magnétrons. O aquecimento no forno de micro-ondas se dá à medida que as micro-ondas penetram no alimento, causando fricção entre as moléculas de água e conseqüentemente produzindo calor (PHILIPPI, 2004).

3.11. CROMATOGRAFIA EM FASE GASOSA ACOPLADA A ESPECTROMETRIA DE MASSAS

A associação das técnicas de cromatografia em fase gasosa (CG) e espectrometria de massas (EM) é normalmente conhecida como cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG/EM). Na análise de alimentos, CG/EM representa uma das principais técnicas para a identificação e quantificação de muitos grupos de substâncias voláteis ou potencialmente voláteis. A elevada capacidade de separação da CG, em combinação com a sensibilidade e especificidade da EM torna a CG/EM, uma técnica fundamental na determinação dos vários componentes que podem ocorrer em matrizes tão complexas como os alimentos (HAJSLOVA & CAJKA, 2009).

A CG é uma técnica de separação em que substâncias voláteis, termicamente estáveis migram através de uma coluna contendo uma fase estacionária líquida ou sólida e são detectadas à medida que são eluídas. A amostra é vaporizada e injetada no topo de uma coluna cromatográfica, sendo a eluição provocada pelo fluxo de uma fase gasosa móvel inerte, geralmente nitrogênio, hélio ou hidrogênio (HAJSLOVA & CAJKA, 2009).

Em contraste com a maioria dos outros tipos de cromatografia, a fase móvel não interage com moléculas da substância a analisar, a sua única função é transportar o analito através da coluna. As fases móveis mais comumente utilizadas são os gases He, H e N₂, que têm a vantagem de serem quimicamente inertes em relação tanto à amostra como à fase estacionária. A escolha do gás de arraste a ser usado é muitas vezes determinada pelo detector do equipamento. Com colunas empacotadas a velocidade da fase móvel fica geralmente dentro da faixa de 25-150 mL/min (MASTOVSKA & LEHOTAY, 2003).

A coluna cromatográfica proporciona a superfície para reter fisicamente a fase estacionária. O tipo de coluna utilizado influencia a quantidade de amostra que pode ser manuseada, a eficiência da separação, o número de analitos que podem ser separados

e a quantidade de tempo necessária para a separação. Em CG, ambas as colunas empacotadas e capilares são utilizadas, mas nos dias atuais predominam as últimas. Comparado com colunas capilares, as colunas empacotadas podem lidar com grandes quantidades de amostra, mas quando são utilizadas colunas capilares é possível conectar a saída da coluna diretamente à fonte do espectrômetro, pois, o sistema de bombeamento do espectrômetro de massas é apropriado para captar o eluente da coluna (VÉKEY, 2001; BEREZKIN & VIKTOROVA, 2003).

Uma coluna empacotada é construída em vidro, aço inoxidável, cobre ou alumínio e é tipicamente de 2-6 m de comprimento, com um diâmetro interno de 2-4 mm. A coluna é empacotada com um suporte sólido particulado, de partículas com diâmetros variando de 37-44 μm a 250-354 μm . O suporte de partículas mais amplamente utilizado é a terra de diatomáceas, que é constituído pelos esqueletos de sílica de diatomáceas. Quando hidrolisada, a superfície porosa da terra de diatomáceas expõe grupos silanóis (-SiOH), proporcionando sítios ativos que absorvem moléculas de soluto na cromatografia gás-sólido. Na cromatografia de gás-líquido, a separação baseia-se na partição de solutos entre uma fase gasosa móvel e uma fase estacionária líquida que reveste o material sólido empacotado. Para evitar a adsorção de moléculas de soluto expostas ao material empacotado, o que prejudicaria a qualidade da separação, grupos silanóis superficiais são desativados por silanização com dimetildiclorosilano e lavagem com um álcool tipicamente o metanol, antes do revestimento com a fase estacionária (BEREZKIN & VIKTOROVA, 2003).

As colunas capilares são construídas a partir de sílica fundida revestida com um polímero de proteção e podem ter de 100 m de comprimento com um diâmetro interno na faixa de 0,15 a 0,30 mm. As colunas capilares proporcionam uma melhoria significativa na eficiência de separação e a pressão necessária para mover a fase móvel através de uma coluna empacotada limita o seu comprimento. A ausência de material empacotado permite uma coluna capilar ser mais longa do que uma coluna empacotada, no entanto, devido ao seu diâmetro menor, as colunas capilares exigem amostras menores (BEREZKIN & VIKTOROVA, 2003).

A seletividade da CG é influenciada pela escolha da fase estacionária. Na cromatografia gás-líquido, a ordem de eluição é determinada principalmente pelo ponto de ebulição do soluto e, em menor grau, pela interação do soluto com a fase estacionária. Os solutos com pontos de ebulição significativamente diferentes são separados facilmente, por outro lado, dois solutos com pontos de ebulição semelhantes, podem ser

separados apenas se a fase estacionária interagir seletivamente com um dos solutos. Em geral, os solutos não polares são mais facilmente separados com uma fase estacionária não polar e os solutos polares são mais fáceis de separar utilizando uma fase estacionária polar (HAJSLOVA & CAJKA, 2009). Os principais critérios para a seleção de uma fase estacionária é que ela deva ser quimicamente inerte, termicamente estável, de baixa volatilidade e de uma polaridade adequada para os solutos a serem separados. Apesar de centenas de fases estacionárias já terem sido desenvolvidas, muitas das quais estão disponíveis comercialmente, a maioria das separações são realizadas com poucos tipos de fases estacionárias comuns (BEREZKIN & VIKTOROVA, 2003).

A fase estacionária de dimetilpolissiloxano, no qual todos os grupos-R são grupos metila ($-\text{CH}_3$), é apolar e, muitas vezes é uma boa primeira escolha para uma nova separação. A substituição de alguns dos grupos metila por outros substituintes aumenta a polaridade da fase estacionária, proporcionando uma maior seletividade. Assim, em 50% a 50% de metilfenilpolissiloxano, 50% dos grupos-R são grupos fenil ($-\text{C}_6\text{H}_5$), produzindo uma fase estacionária ligeiramente mais polar. A fase estacionária de metilfenilpolissiloxano que contém 50-65% de grupos fenil torna-se polar com o aumento da temperatura acima de 290 °C, como indicado, por exemplo, pelos maiores tempos de retenção dos AGI em comparação com os tempos de retenção dos AGS. O aumento da polaridade é proporcionado pela substituição dos grupos metila por grupos trifluoropropil ($-\text{C}_3\text{H}_6\text{CF}_3$) e cianopropil ($-\text{C}_3\text{H}_6\text{CN}$) ou grupos funcionais usando uma fase estacionária com base em polietileno glicol. As colunas capilares contendo fases estacionárias polares e muito polares são utilizadas principalmente para a separação de AGS e AGP, como EMAG. Outra característica importante de uma coluna de CG é a espessura da fase estacionária. Os filmes mais finos melhoram a eficiência da separação e a espessura do filme mais comum é de 0,25 μm e os filmes mais espessos são utilizados para solutos altamente voláteis, tais como gases, porque estes têm uma maior capacidade de retenção de tais solutos. Os filmes mais finos são usados para a separação de solutos de baixa volatilidade, como esteroides (VOLIN, 2001).

Três considerações determinam como as amostras são introduzidas no CG. Em primeiro lugar, todos os componentes injetados no CG devem ser voláteis, em segundo lugar, os analitos devem estar presentes em uma concentração apropriada e finalmente, a injeção da amostra não deve prejudicar a separação. A CG pode ser utilizada para separar os analitos em matrizes complexas, porém, nem toda amostra que pode,

potencialmente, ser analisada por CG, pode ser injetada diretamente no instrumento. Para se moverem através da coluna, os constituintes da amostra devem ser voláteis. Os solutos de baixa volatilidade podem ser retidos pela coluna e eluírem durante a análise de amostras subsequentes. Os solutos não voláteis condensam na coluna, diminuindo seu desempenho. Os analitos voláteis podem ser separados de uma matriz não volátil, utilizando diferentes técnicas de extração. As extrações líquido-líquido, em que os analitos são extraídos de uma matriz aquosa com diclorometano ou outro solvente orgânico são comumente utilizadas. As extrações em fase sólida também são usadas para remover constituintes indesejados da matriz e os analitos não voláteis devem ser quimicamente convertidos em um derivado volátil antes da análise. Por exemplo, os AG não são suficientemente voláteis para serem analisados diretamente por CG. A derivação desses AG para formar ésteres confere volatilidade suficiente para a separação (EDER, 1995; BRONDZ, 2002; MARWAHA, 2010).

Para evitar perda de resolução uma amostra de tamanho suficiente deve ser introduzida em um pequeno volume da fase móvel. As injeções são feitas através de um septo de borracha, utilizando uma micro seringa, manual ou automaticamente. O bloco de injetores é aquecido a uma temperatura que deve ser pelo menos 50°C acima do ponto de ebulição do constituinte da amostra menos volátil. Desta forma é assegurada uma vaporização rápida de toda a amostra. As colunas capilares requerem o uso de um injetor especial para evitar a sobrecarga da coluna com amostra. Vários injetores capilares estão disponíveis, o mais comum é um injetor *split/splitless*. Quando utilizado em modo *split* apenas cerca de 1 a 10% da amostra entra na coluna, sendo o restante descartado. Em uma injeção em modo *splitless*, que é útil para a análise de menores teores, a temperatura da coluna é mantida a 20-25 °C abaixo do ponto de ebulição do solvente. À medida que o solvente entra na coluna, condensa-se, formando uma barreira que retém os solutos. Depois de dar tempo para que os solutos se concentrem, a temperatura da coluna é aumentada, e inicia-se a separação. Uma injeção em modo *splitless* permite que uma fração muito mais elevada dos solutos entre na coluna cromatográfica. Para as amostras que se decompõem facilmente, uma injeção direta na coluna pode ser necessária. Neste método, a amostra é injetada na coluna, sem aquecimento. A temperatura da coluna é então aumentada para volatilizar a amostra a uma temperatura apropriada (SKOOG, HOLLER & NIEMAN, 2001).

O controle da temperatura da coluna é crítico para se conseguir uma boa separação em CG. Por esta razão, a coluna é colocada dentro de um forno com controle

termostático. Numa separação isotérmica a coluna é mantida a uma temperatura constante, a escolha do qual é ditada pelos solutos. Normalmente, a temperatura é ajustada ligeiramente mais baixa do que a do soluto de ponto de ebulição mais baixo, de modo a aumentar a interação do soluto com a fase estacionária. Uma dificuldade com uma separação isotérmica é que uma temperatura que favorece a separação de solutos de baixo ponto de ebulição pode causar inaceitavelmente longos tempos de retenção para os solutos de ponto de ebulição mais elevado. Os fornos capazes de programação de temperatura fornecem uma solução para este problema. A temperatura inicial é definida abaixo da temperatura do soluto de menor ponto de ebulição. Como o avanço da separação, a temperatura é aumentada lentamente a uma taxa uniforme ou em uma série de etapas (MASTOVSKA & LEHOTAY, 2003).

Segundo SKOOG, HOLLER & NIEMAN (2001), a parte final de um cromatógrafo a gás é o detector. O detector ideal tem várias características desejáveis, incluindo baixos limites de detecção, uma resposta linear ao longo de uma faixa ampla de concentrações de soluto, capacidade de resposta a todos os solutos ou de seletividade para uma determinada classe de solutos e uma insensibilidade em relação às mudanças de temperatura ou à taxa de fluxo. Uma dos detectores mais poderosos para a cromatografia em fase gasosa é o detector de espectrometria de massas (EM). Neste caso, o efluente da coluna é introduzido diretamente para dentro de uma câmara de ionização do EM, de maneira que maior parte do gás carreador é eliminada. Na câmara de ionização todas as moléculas restantes do gás carreador, solvente e solutos são ionizadas e os íons são separados pela sua razão massa-carga (m/z).

Um dos métodos de ionização mais empregados em CG/EM é ionização por impacto de elétrons (IE). O analito de interesse, em fase gasosa, é bombardeado com elétrons de alta energia, normalmente 70 eV. As moléculas do analito absorvem esta energia desencadeando vários processos, dentre os quais o mais simples é aquele em que o analito é ionizado pela remoção de um único elétron (M^+). Este processo utiliza em torno de 10 eV e o restante da energia fragmenta os analitos. Isto consiste em um dos maiores problemas encontrados na aplicação de IE, pois a fragmentação, quando rápida, pode conduzir a não observação do íon molecular no espectro, e com isso uma das mais importantes informações analíticas oferecidas pela EM pode ser perdida (SILVERSTEIN, WEBBSTER & KIEMLE, 2007).

Uma vez que cada soluto é submetido a uma fragmentação característica em íons menores, o seu espectro de massas de íons de intensidade em função da razão m/z

fornece informação qualitativa que pode ser utilizada para identificar o soluto. Como um detector de CG, a corrente total de íons de todos os íons que alcançam o detector é geralmente usada para se obter o cromatograma. A seletividade pode ser conseguida por meio da monitoração somente de razões m/z específicas, um processo chamado de monitoração iônica seletiva. Um EM fornece limites de detecção (LD) muito baixos, tipicamente 25 fg a 100 pg, com faixa linear abrangendo cinco ordens de magnitude (SKOOG, HOLLER & NIEMAN, 2001).

3.12. ANÁLISE MULTIVARIADA

Nas últimas décadas, a análise multivariada foi introduzida no tratamento de dados e dando origem a quimiometria, um modelo estatístico dos métodos multivariados que considera a correlação entre muitas variáveis analisadas simultaneamente, permitindo a extração de uma quantidade muito maior de informações. Assim, a Análise Multivariada corresponde a vários métodos e técnicas que utilizam ao mesmo tempo, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos no estudo (POPPI et al., 2000).

Segundo Neto & Moita (1998), algumas técnicas de estatística multivariada complementares têm grande aceitação na análise de dados químicos, como a análise de componentes principais (ACP) e a análise de agrupamento hierárquico (AA).

De acordo com Vicini (2005), a análise de agrupamento, denominada também como análise de *cluster* é uma técnica utilizada para classificar objetos ou casos em grupos relativamente homogêneos chamados conglomerados. Esta técnica permite agrupar variáveis com características comuns, sem, no entanto, perder informações de todo o conjunto pesquisado. Para a visualização das semelhanças entre as amostras representadas por pontos em espaço com dimensão maior do que três e quando a representação de gráficos convencionais não é possível, utilizam-se nesta análise os dendrogramas (Figura 6).

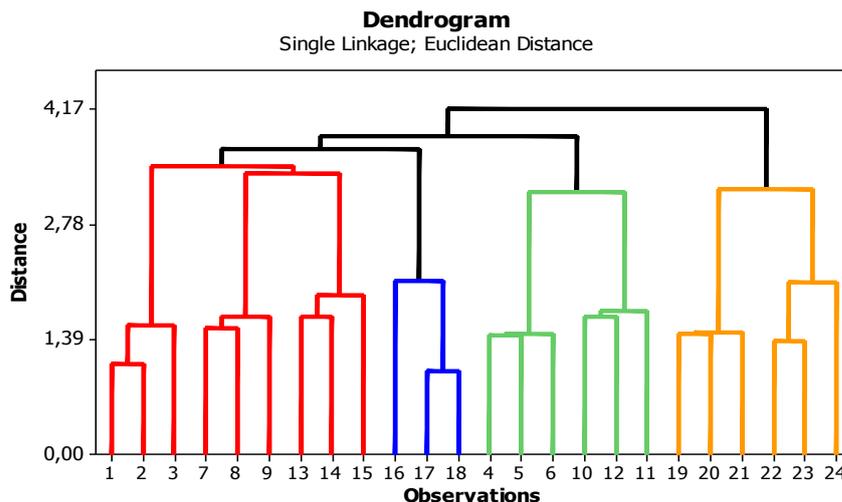


Figura 6. Representação gráfica de um dendrograma.

A técnica de ACP consiste necessariamente em reescrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixo mais apropriado para a análise dos dados, ou seja, as “n” variáveis originais geram, por meio de suas combinações lineares, “n” CP, dispostos em ordem decrescente de máxima variância. ACP1 possui mais informação estatística que a CP2 e assim por diante (NETO & MOITA, 1998).

Esta técnica permite a redução da dimensionalidade dos pontos representativos das amostras, pois, é comum obter em apenas 2 ou 3 das primeiras CP mais que 90% da informação estatística presente nas variáveis estudadas (NETO & MOITA, 1998).

A Análise Discriminante tem como objetivo determinar as variáveis que diferenciam ou discriminam os grupos identificando grupos similares. Desta forma, é possível obter uma função discriminadora por meio de combinações lineares de variáveis independentes, a partir das quais seja possível classificar os elementos em cada uma das categorias da variável dependente. A Análise Discriminante valida a AA e confirma os resultados da análise fatorial (KADEGOWDA, PIPEROVA & ERDMAN, 2008).

A Análise Fatorial serve para a combinação de variáveis que criam novos fatores. Esta análise permite a identificação de possíveis associações entre as variáveis observadas, definindo, assim, a existência de um fator comum entre elas, contribuindo para facilitar a interpretação dos dados. A técnica de Análise Fatorial estima os fatores e as variâncias, de forma que as covariâncias ou as correlações previstas estejam o mais próximo possível dos valores observados, sendo comumente utilizada ACP e o da máxima verossimilhança (KADEGOWDA, PIPEROVA & ERDMAN, 2008). Porém,

inicialmente deve-se explorar individualmente cada variável em termos de *outliers* e do enviesamento da distribuição. Embora a normalidade não seja um pressuposto necessário de Análise Fatorial, tanto as distribuições muito enviesadas como os *outliers* podem distorcer os resultados, uma vez que alteram as estimativas das médias e dos desvios padrões, modificando as estimativas das covariâncias e das correlações (VICINI, 2005).

A transformação de Box-Cox é usada para enfrentar problemas de heteroscedasticidade e/ou falta de normalidade. Assim, quando a distribuição normal não se adequa aos dados é importante utilizar esta transformação para obter a normalidade. Considerando X_1, \dots, X_n nos dados originais, a transformação de Box-Cox consiste em encontrar um λ tal que os dados transformados Y_1, \dots, Y_n se aproximem de uma distribuição normal. Esta transformação Box-Cox é dada por:

$$y^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{y^\lambda - 1}{\lambda}, & \lambda \neq 0 \\ \ln y, & \lambda = 0 \end{cases}$$

Verifica-se pela fórmula que, quando $\lambda = 1$, a transformação deixa a variável praticamente inalterada. Porém, quando $\lambda = 0$ ocorre a transformação logarítmica da variável. E por último, quando $\lambda = -1$, temos que $y^{(-1)} = 1 - y^{-1}$ (AGUIRRE, 1997).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE PEIXES E MÉTODOS DE COZIMENTO EMPREGADOS EM SUA ELABORAÇÃO

Para obter informações sobre a frequência de utilização, o tipo de peixe e o método de cozimento empregado para prepará-los em UAN, os gerentes responsáveis por 171 UAN's localizadas no estado de Minas Gerais foram previamente contactados via *e-mail* (Apêndice 1). Posteriormente, 151 unidades responderam de forma espontânea, via correspondência eletrônica, a um questionário (Tabela 2 e 3) destinado à obtenção dessas informações (Apêndice 2 e 3) e as quais relataram produzir mais de 500 refeições diariamente. As empresas contactadas seguiam duas modalidades de serviços de alimentação, a saber, autogestão (serviço próprio), em que a administração da empresa beneficiária assume toda a responsabilidade pela elaboração das refeições, desde a contratação de pessoal até a distribuição aos usuários e, a administração terceirizada (serviços de terceiros), em que o fornecimento das refeições é formalizado por intermédio de contrato firmado entre a empresa beneficiária e as concessionárias.

4.2. AMOSTRAS

Aproximadamente 30 quilos de filés de Merluza (*Merluccius hubbsi*) e 30 quilos filé de pescada branca (*Cynoscion leiarchurs*) congelados, limpos e sem pele foram adquiridos de uma empresa de congelados localizada na cidade de Belo Horizonte/MG, Brasil) e armazenados a -18°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) em congelador BD 400 Termisa® (Maracanaú, Brasil) até o término do processamento das amostras (30 dias). Cerca de 3 a 4 unidades de filés (Figuras 7 e 8) foram descongelados a 4°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), cortados em 24 amostras padronizadas (15 x 6 x 2 cm) de aproximadamente 500,0 g e distribuídas aleatoriamente em um grupo controle (CRU) e sete grupos submetidos a diferentes métodos de cozimento, em três repetições, totalizando cerca de 12 quilos após o descongelamento de cada espécie estudada.



Figura 7. Imagem do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) descongelado.



Figura 8. Imagem do filé de pescada-branca (*Cynoscion leiachurs*) descongelado

4.3. MÉTODOS DE COCÇÃO

Os filés foram processados em condições de tempo e temperatura normalmente adotadas em serviços de alimentação. Apesar de a fritura ser o método de cocção mais empregado nos serviços de alimentação, neste estudo, optou-se por excluí-lo em função da incorporação do óleo ao alimento, pois todos os demais métodos empregados não utilizaram nenhuma quantidade de óleo e adição de outros ingredientes em seu preparo. Para o tratamento em micro-ondas (MIC), as porções foram aquecidas em recipiente de vidro refratário na frequência de 60 Hz e potência de 820 W por 15 min em um forno Maxi Gratine Inox Brastemp® (São Paulo, Brasil). O filé grelhado (GRE) foi processado por 4 min em Grill Multi Express Baby® (Londrina, Brasil), previamente aquecido a 180 °C por 10 min. As amostras assadas em forno elétrico (AFE) foram processadas em recipiente de vidro refratário, em forno semi-industrial Eletro® ITC (Guaramirim, Brasil) sem ventilação forçada, a 200 °C por 30 min, sendo 15 min de cada lado. O filé ensopado em fogão (ENF) foi preparado em um fogão Continental 2001 Maxim's Giromagic® (São Paulo, Brasil). Os filés foram cozidos em utensílio de aço inoxidável Rochedo® n° 22, por 18 min com adição de 100 mL de água, que foi incorporada à amostra cozida durante sua trituração e homogeneização. Os filés de peixes foram ainda preparados em forno combinado EC3 Gourmet Pratica Technicook® (Pouso Alegre, Brasil), em três diferentes condições: assado em forno combinado (AFC) a 180 °C por 25 min em vapor médio, ensopado em forno combinado (EFC a 150 °C por 30 min em vapor médio e grelhado em forno combinado (GFC) a 220 °C por 8 min.

Ao final de cada processo de cocção, a temperatura das amostras foi medida utilizando um termômetro digital Equitherm® (Gravataí, Brasil), trituradas,

homogeneizadas em multiprocessador Hamilton Beach Brands® (Glen Allen, EUA), embaladas a vácuo em plástico de poliamida e polietileno e estocados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) até o momento da extração lipídica, as quais foram descongeladas a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$). As amostras submetidas aos tratamentos térmicos e a amostra controle (CRU) foram preparadas em triplicatas e cada preparação foi analisada em três repetições ($n = 9$).

4.4. MÉTODOS ANALÍTICOS

4.4.1. Padrões e reagentes

Foi utilizado o padrão ácido nonadecanoico ($\geq 97\%$), nonadecanoato de metila ($\geq 99\%$) e o padrão contendo 37 ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG), referência nº 1891, adquiridos da Supelco® (Bellefonte, PA, USA).

Os reagentes, clorofórmio ($\geq 99,8\%$), n-hexano ($\geq 98\%$) e metanol ($\geq 99,9\%$), todos em grau HPLC, foram adquiridos da Sigma-Aldrich Co. Ltd.® (St. Louis, Missouri, US).

Os compostos químicos hidróxido de potássio ($\geq 99,5\%$), cloreto de potássio ($\geq 99,5\%$), cloreto de amônio ($\geq 99,8\%$), ácido clorídrico concentrado ($> 37\%$), sulfato de sódio anidro ($> 99\%$) e cloreto de amônio ($> 99,8\%$) foram adquiridos da Merck Brasil® (São Paulo, Brasil).

4.4.2. Umidade

A umidade foi determinada de acordo com a AOAC 950.46 (2012), por gravimetria em estufa Biomatic® (Porto Alegre, Brasil) a $105 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, baseado na remoção da água por aquecimento. Foram pesados cerca de 5,0 g de amostra em placas de Petri previamente secas ($105\text{ }^{\circ}\text{C}/2\text{h}$) e com massa previamente determinada. As amostras permaneceram em estufa até peso constante. Depois, as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) em dessecador, tendo sua massa determinada. Este procedimento foi repetido até a obtenção de massa constante.

4.4.3. Extração lipídica

Para a extração dos lipídios das amostras de peixes a técnica proposta por Folch, Lees & Stanley, (1957) foi otimizada. Uma alíquota de $10 \pm 0,5$ g de cada amostra congelada, previamente triturada e homogeneizada, foi macerada em gral de porcelana por 2 min com a adição de 10 mL de metanol, e, posteriormente, por 3 min com 20 mL de clorofórmio. A mistura foi filtrada a vácuo, em funil de *Büchner* com papel de filtro (INLAB®, tipo 50, de 9 cm). O resíduo foi novamente homogeneizado com 30 mL da mistura clorofórmio:metanol (2:1,v/v) por mais 3 min e novamente filtrado. O resíduo final foi lavado com 30 mL da mistura clorofórmio:metanol (2:1,v/v). O filtrado foi coletado em proveta de 100 mL e adicionado 25 mL de uma solução aquosa de cloreto de potássio a 0,88% m/v. Após agitação por 3 min foi desprezada a fase superior e adicionado novamente ao volume obtido 30 mL de metanol:água destilada (1:1). Novamente após agitação por 3 min a fase superior foi desprezada e a fase inferior, contendo a fração lipídica foi filtrada em filtro (INLAB®, tipo 50, de 9 cm) contendo 5 g de sulfato de sódio anidro, sendo o filtrado recolhido em um balão tarado de fundo redondo de 250 mL, previamente seco em estufa a 110°C por cerca de 10 h. Em seguida, o balão foi resfriado em dessecador por 15 min e sua massa determinada em balança analítica digital AUW220D *Shimadzu*® (Tóquio, Japão). O solvente foi totalmente evaporado em evaporador rotatório Tecnal® (Piracicaba, Brasil), modelo TE 21 com temperatura de 55°C por aproximadamente 40 min pressão de 700mmHg, após resfriamento em dessecador, a massa do balão foi novamente determinada. Em seguida, o extrato foi ressuspenso em 10 mL de clorofórmio, e o correspondente a 0,05 g de óleo foi transferido para um balão de 250 mL. O teor total de lipídios foi obtido pela diferença entre as massas do balão vazio e com o extrato da amostra.

4.5. CURVAS DE CALIBRAÇÃO ANALÍTICA

As curvas-padrão em duas faixas de concentração a partir da diluição em n-hexano das soluções estoque de uma mistura de 37 EMAG foram preparadas no dia de sua utilização. Uma curva foi construída para as concentrações 10, 25, 45, 65, 85, 100 mg L⁻¹ e outra para 85, 100, 150, 300, 500, 700 mg L⁻¹ com cinco repetições por nível. Em cada solução, foram adicionados 20 mg L⁻¹ do padrão interno nonadecanoato de

metila, utilizado para corrigir as variações do método de esterificação. Na quantificação, a relação das áreas obtidas para o AG e o padrão interno foi expressa em função da concentração do AG específico presente na mistura de padrões.

As curvas de calibração foram obtidas pelo método dos mínimos quadrados ponderados, após a verificação das premissas associadas à técnica de análise, de acordo com Souza & Junqueira (2005). A necessidade de ponderação foi investigada pela determinação da homogeneidade da variância ao longo da faixa de concentração, pela razão das variâncias avaliada pelo teste de F bilateral (DANIEL, 2013). A adequação do ajuste ao modelo linear foi verificada pela significância dos coeficientes da regressão e o desvio da linearidade foi avaliado contra o erro puro por análise de variância (ARMITAGE, BERRY, MATTHEWS, 2002).

4.6. LIMITE DE DETECÇÃO (LD) E LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (LQ)

Os LD e os LQ foram calculados com base na relação sinal/ruído (S/R) observada para os resultados da menor concentração utilizada na curva de calibração, com o auxílio do *software* CG/EM Solutions. Para o LD foi utilizada a relação S/R de 3:1 e para o LQ foi adotada a relação S/R de 10:1 (INMETRO, 2010).

4.7. PRECISÃO

Uma amostra aleatória do peixe merluza e do tratamento EFC foi utilizada para avaliar a precisão do método de ensaio, verificada com nove determinações. A precisão instrumental foi estimada pela quantificação do ácido araquídico com base na área dos picos obtidos e nos tempos de retenção, com nove injeções para cada tratamento. Também se avaliou a precisão da curva analítica preparada em n-hexano nas concentrações de 10, 25, 45, 65, 85 e 100 mg L⁻¹ e 85, 100, 150, 300, 500, 700 mg L⁻¹, representando não apenas o nível mais baixo, médio e mais alto da concentração, mas todos os níveis de concentração estudados, em trinta determinações (seis níveis e cinco injeções). A repetibilidade foi verificada utilizando o mesmo procedimento, o mesmo instrumento de medição e o mesmo analista, realizadas no mesmo dia (precisão) e com avaliação de precisões intermediárias, realizadas em dias diferentes (INMETRO, 2010).

4.8. COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS

A composição em AG foi realizada em GC/EM após a esterificação adaptada da técnica descrita por Hartman & Lago (1973). Foi adicionado ao balão contendo o correspondente a 0,05 g do extrato da amostra, 400 μL do PI ácido nonadecanoico com concentração igual 20 mg L^{-1} . Com auxílio de uma proveta foram adicionados 25 mL de uma solução de hidróxido de potássio 0,05 mol. L^{-1} em metanol ao balão e a solução resultante foi mantida sob refluxo por 15 min, com aquecimento brando em manta elétrica. As paredes internas do condensador foram lavadas com 5 mL de metanol e, em seguida, a solução final foi neutralizada pela adição de uma solução aquosa de cloreto de hidrogênio (18,5%, m/v). Em seguida foi adicionado 10 mL de uma solução contendo 2 g de cloreto de amônia, 60 mL de álcool metílico e 2 mL de ácido sulfúrico concentrado, para a metilação dos AG. A solução resultante foi mantida sob refluxo por 10 min com aquecimento brando de uma manta elétrica. Após o resfriamento, as paredes internas da vidraria do sistema de refluxo foram lavadas com n-hexano e, em seguida, a mistura foi transferida para o funil de separação de 250 mL e os ésteres metílicos foram extraídos com 20 mL de n-hexano, tomando-se o cuidado de lavar o balão de destilação com n-hexano. Após a separação das fases, a camada inferior foi transferida para outro funil de separação de 250 mL e a camada superior foi transferida para *erlenmeyer* de 250 mL. O procedimento de extração foi repetido com mais duas alíquotas de cerca de 20 mL de n-hexano. Finalmente, a fase orgânica recolhida no *erlenmeyer* foi transferida para um funil de separação de 250 mL e lavada com cerca de três porções de 20 mL de água destilada. Em seguida, a fase orgânica foi filtrada em filtro (INLAB®, tipo 50, de 9 cm) contendo 5 g de sulfato de sódio anidro e o filtrado foi recolhido em um balão de fundo redondo. O solvente foi evaporado no evaporador rotatório com temperatura de 55°C por aproximadamente 40 min até se obter volume inferior a 10 mL. Após o resfriamento, a solução foi transferida para um frasco âmbar e armazenada em freezer. No momento da injeção, os frascos foram retirados do freezer até atingirem temperatura ambiente, transferidos para um balão volumétrico e o volume final completado para 10 mL com n-hexano.

Para a separação dos EMAG 2 μL do extrato foram injetados a 220°C no modo *splitless* (1 min) e *split* (1/50) num sistema *Shimadzu*® CGMS QP2010 Plus (Tóquio, Japão), equipado com uma coluna SP-2330 (80% bis (3-cianopropil), 20% 3-

cianopropilfenil polissiloxano) da Supelco Inc., Bellefonte, PA com 30 m x 0,25 mm x 0,2 µm de espessura de filme. A coluna foi mantida a 60°C por 2 min e depois foi a 150 °C com taxa de 15°C min⁻¹ e, então, foi a 240°C com taxa de 5°C min⁻¹ sendo mantida nessa temperatura por 10 min. Hélio foi utilizado como gás de arraste a 1,20 mL min⁻¹. A interface com o detector foi mantida a 250°C e o detector foi operado a 230°C e a 70 eV no modo *scan*. O tempo de corrida foi de 36 min. A confirmação dos EMAG no cromatograma foi feita pela comparação dos tempos de retenção com padrões e pela comparação dos espectros de massas com a biblioteca *National Institute of Standards and Technology* (NIST).

4.9. ÍNDICE DA QUALIDADE NUTRICIONAL (IQN) DO PERFIL LIPÍDICO

O IQN do perfil lipídico foi avaliado utilizando índices a partir dos resultados obtidos da composição em AG:

- a) Índice de Aterogenicidade (ULBRICHTH & SOUTHGATE, 1991):

$$IA = [(C12:0+(4 \times C14:0)+C16:0)]/(\Sigma AGM + \Sigma AGP_{\omega 6} + \Sigma AGP_{\omega 3})$$

- b) Índice de Trombogenicidade (ULBRICHTH & SOUTHGATE, 1991):

$$IT = (C14:0 + C16:0 + C18:0)/[(0,5 \times \Sigma AGM) + (0,5 \times \Sigma AGP_{\omega 6} + (3 \times \Sigma AGP_{\omega 3}) + (\Sigma AGP_{\omega 3}/\Sigma AGP_{\omega 6})]$$

- c) Razão entre os AG hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (SANTOS-SILVA, BESSA & SANTOS-SILVA, 2002):

$$AGHIPO/AGHIPER = (C18:1_{cis9} + \Sigma AGP_{\omega 6} + \Sigma AGP_{\omega 3})/(C14:0 + C16:0)$$

- d) Relação dos AGP $\omega 6$ e $\omega 3$ (FAO, 2010):

$$AGP_{\omega 6}/AGP_{\omega 3} = \Sigma AGP_{\omega 6}/\Sigma AGP_{\omega 3}$$

Outros IQN também foram utilizados, tais como AGP/AGS, AGP/(AGS-ácido esteárico), $\omega 6/\omega 3$, EPA/DHA, EPA+DHA, ARA/EPA, e AGI/AGS (ULBRICHTH & SOUTHGATE, 1991; MOZAFFARIAN et al., 2006; FAO, 2010).

4.10. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram investigados por análise de variância aplicada a esquema fatorial 2 x 9 (peixes x métodos de cocção). As diferenças entre os valores de acordo

como tipo de peixe e os métodos de cocção foram consideradas significativas utilizando o teste de *Tukey* para $\alpha = 0,05$ (DANIEL, 2013).

A distribuição dos dados foi investigada quanto à assimetria, a curtose e a homogeneidade da variância. Em seguida, os dados foram transformados pelo algoritmo de Box & Cox (1964), a fim de reduzir as anomalias como não aditividade, não normalidade e heteroscedasticidade:

$$Y_i = (X_i^\lambda - 1)/\lambda$$

$$Y_i = \ln(X_i), \text{ quando } \lambda = 0.$$

O parâmetro *lambda* foi otimizado pela minimização da variância total da análise multivariada para modelo linear geral e maximização da discriminação dos tratamentos, com base nos três primeiros autovalores obtidos da análise discriminante. Os dados foram também normalizados e centrados na média para se proceder a análise multivariada. Toda a análise foi realizada em *software IBM SPSS Statistics* versão 20.

A fim de agrupar as amostras com base no perfil lipídico foi realizada a Análise de Classificação Hierárquica (AA) e a Análise de Componentes Principais (PCA) com os dados transformados pelo algoritmo de *Box-Cox* usando *software IBM SPSS Statistics* (IBM Corporation, Armonk, Nova Iorque, EUA).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO, TIPO E MÉTODOS DE COZINHA DOS PEIXES EM UAN

Com relação à frequência de utilização de peixes nas 151 unidades (88,3%) que responderam ao questionário, percebe-se que existe uma variação entre uma a quinze vezes ao mês, sendo que 52% dessas unidades utilizavam peixes apenas 2 vezes ao mês (Figura 9).

A importância do consumo de pescado na alimentação humana refere-se principalmente por constituírem uma fonte rica em AGP, destacando-se os AG ω 3, os quais são encontrados em proporções expressivas em pescados e outros animais marinhos procedentes de regiões frias e profundas. Estes ácidos são considerados de grande importância para o metabolismo humano, por exercerem funções biológicas específicas (GERBER, GOUNI-BERTHOLD & BERNEIS, 2013). Os AG ω 3, como os ácidos EPA e o DHA estão relacionados à redução dos fatores de risco associados a doenças cardiovasculares, hipertensão, artrite, inflamações em geral, asma, psoríase e de vários tipos de câncer (WANG et al., 2006; VON SCHACKY, 2007).

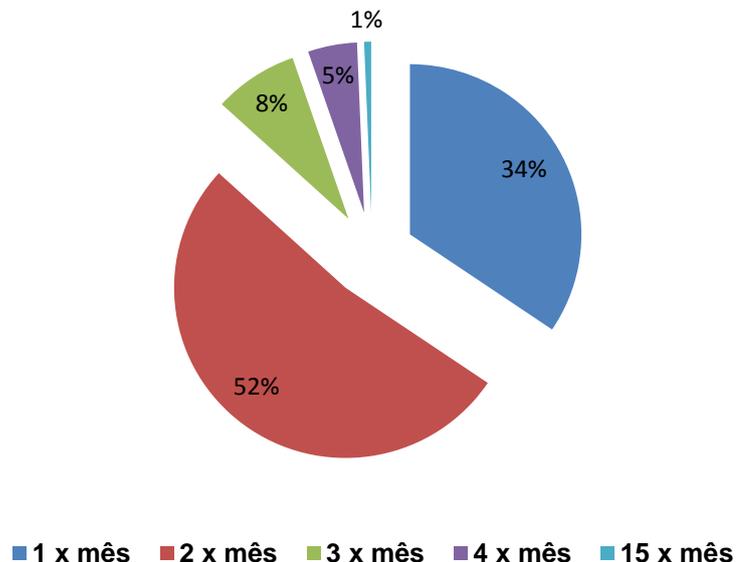


Figura 9. Frequência de utilização de peixe em Unidades de Alimentação e Nutrição.

De acordo com a Associação Brasileira de Refeições Coletivas (ABERC), a dimensão e a importância do setor na economia nacional podem ser medidas a partir dos números gerados pelo segmento no ano 2013. Segundo esta associação, o mercado de refeições coletivas como um todo fornece 11 milhões de refeições/dia, movimentando uma cifra de 16,6 bilhões de reais/ano, o que oferece 195 mil empregos diretos, consumindo diariamente um volume de 6 mil toneladas de alimentos e representando para os governos uma receita de 1.8 bilhões de reais anuais entre impostos e contribuições. Das 11.7 milhões de refeições cerca de 10 milhões foram fornecidas pelas 100 empresas prestadoras de serviço, que juntas responsabilizaram-se por 93% do volume desse mercado (ABERC, 2013).

Dada à importância dos serviços de alimentação em número de refeições coletivas associada à importância nutricional que este tipo de alimento possui, percebe-se que a frequência de sua utilização nestes serviços é bastante irrelevante. Em virtude de o peixe ser considerado um alimento saudável e ao mesmo tempo funcional, o seu consumo deve ser estimulado. Percebe-se neste estudo, que nos serviços de alimentação pesquisados, o consumo estava muito aquém do que é preconizado pela FAO (2010), cuja recomendação é que a ingestão de pescado seja de duas ou mais vezes por semana. O aumento de pesquisas por esse alimento deve-se principalmente aos fatores benéficos que vêm sendo estudados por diversos pesquisadores. Dentre os possíveis benefícios da ingestão de uma ou duas porções de peixe por semana, estão à redução do risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC), de depressão, de Alzheimer e de morte por doença cardíaca (PUWASTIEN et al.,1999).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizou entrevistas em vários domicílios (n = 55.970) nas regiões Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, por meio da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008/2009, e obteve dados sobre a aquisição domiciliar monetária e não monetária *per capita* média de alimentos. A aquisição domiciliar *per capita* média de pescado no Brasil foi estimada em 4 quilos por ano, sendo que no meio urbano, esse valor atingiu 3,3 quilos e no meio rural, 7,6 quilos. Considerando a origem das espécies, cada brasileiro adquiriu 1,57 quilos de pescado de água doce e 1,91 quilos de pescado de água salgada (IBGE, 2010).

No ano de 2009, o consumo “aparente” (sem considerar as perdas) no Brasil foi de 9 quilos/*percapita*/ano, dados do Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (BRASIL, 2011). As duas fontes de informações sobre o consumo de pescado no Brasil

demonstraram que o consumo no país estava aquém do recomendado, ou seja, pelo menos 12 quilos *per capita* por ano (FAO, 2010; ISAAC & ALMEIDA, 2011).

Em relação aos tipos de peixes preparados nesses serviços verifica-se que os principais peixes utilizados foram o filé merluza com 61,6% e pescada 17,2% (Figura 10). Das unidades que utilizavam peixes em seu cardápio, percebeu-se que os demais peixes utilizados eram: Cação (12,6%), Mapará (3,3%), Peruá (1,3%), Surubim (1,3%), Píramutaba (2,0%), Gurijuba (0,7%).

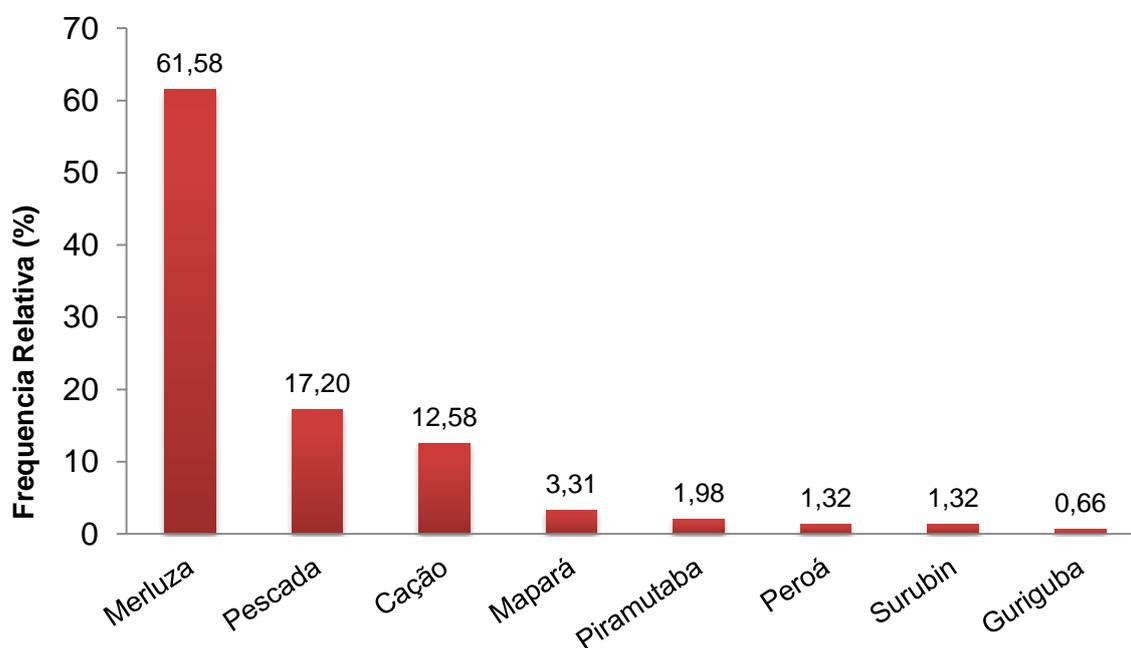


Figura 10. Tipo de peixe utilizado nas Unidades de Alimentação e Nutrição.

Em 2008, a produção de pescado nacional contribuiu com 0,81% do total produzido no mundo. Com este aumento no percentual de contribuição da produção total de pescado mundial de 2008 para 2009, o Brasil ganhou quatro posições e passou a ocupar o 18º lugar no *ranking* geral dos maiores produtores de pescado do mundo. Considerando-se apenas os países da América do Sul, fica evidente que a produção de pescado dos países que pescam no oceano Pacífico é bem superior à produção brasileira. O Peru registrou uma produção em torno de 7 milhões de toneladas, seguido pelo Chile, com aproximadamente 4,7 milhões de toneladas. Neste critério, o Brasil aparece em terceiro lugar, logo à frente da Argentina que produziu cerca de 862 mil toneladas de pescado (BRASIL, 2011).

Os métodos de cocção utilizados pelos serviços de alimentação variaram em função do tipo de equipamento que a empresa possuía, como também em relação ao tipo de especialização da mão-de-obra.

Está demonstrado na Figura 11, o método de cocção mais empregado pelos serviços de alimentação sendo a fritura (49,5%), seguido do assado (29,0%), grelhado (14,0%), em vapor (4,3%) e ensopado (3,2%) os mais utilizados.

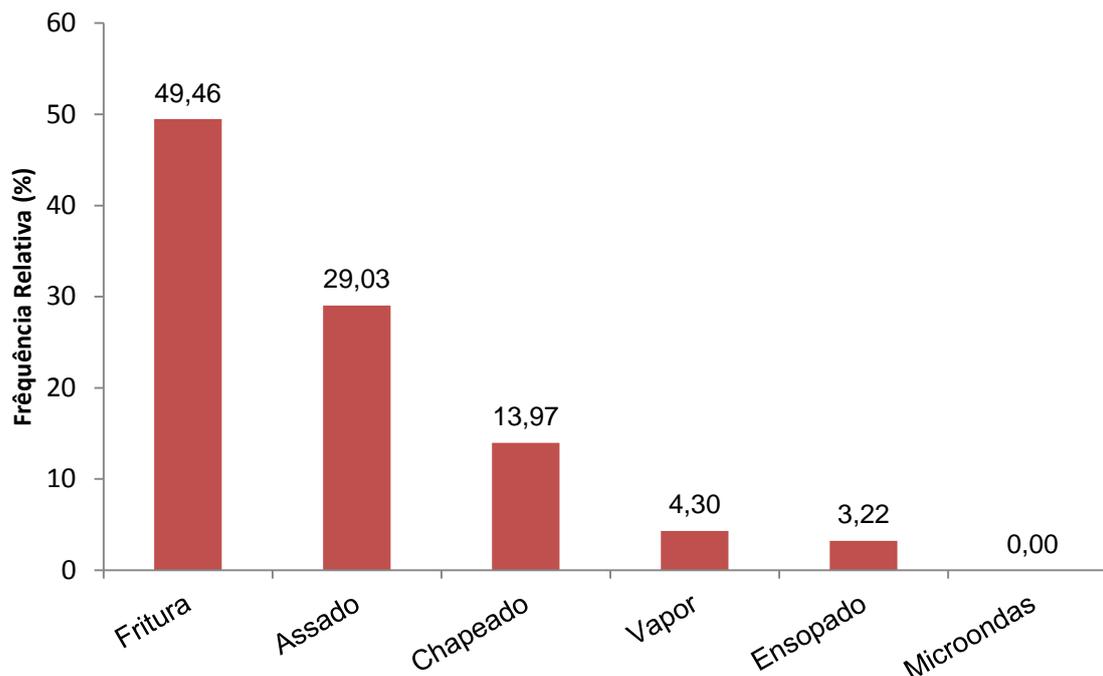


Figura 11. Método de cocção empregado pelas Unidades de Alimentação e Nutrição no preparo dos peixes.

Os métodos de cocção mais empregados no preparo do peixe merluza, peixe mais utilizado pelas unidades, foram a fritura (55,6%), o assado (27,0%), o grelhado (9,9%), o vapor (4,6%) e o ensopado com 3,3% (Figura 12).

Durante o processo de cocção dos alimentos observa-se uma complexa sequência de reações químicas, em que constituintes sofrem decomposição e ocorre a formação de novos compostos, vários deles de estrutura química ainda desconhecida. Em relação ao processo de fritura dos alimentos ocorrem diferentes reações químicas, as quais resultam na formação de produtos da decomposição de óleos e gorduras. Suas implicações sensoriais e nutricionais são as principais preocupações quanto aos alimentos fritos (BARRERA–ARELLANO & BLOCK, 1993).

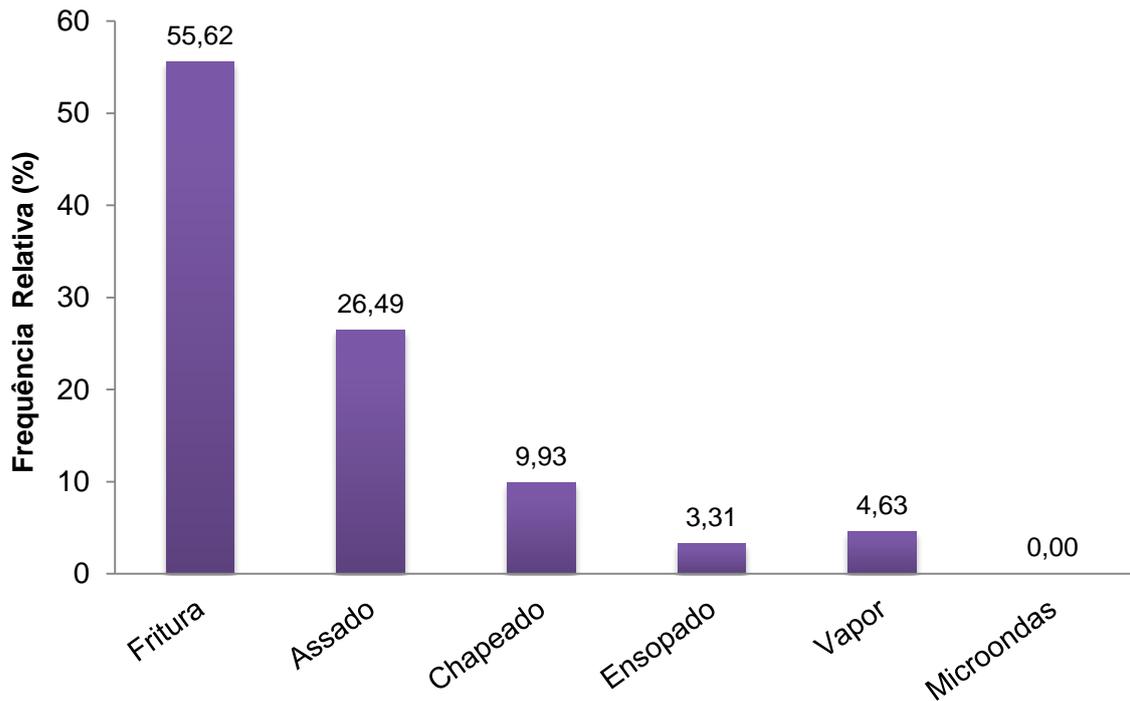


Figura 12. Método de cocção empregado no preparo do peixe merluza.

Os compostos formados pela decomposição de AGI, durante o processo de fritura afetam a disponibilidade dos AG essenciais, linoléico e α linoléico (KINSELLA et al., 1981). Os métodos de cocção utilizados em uma grande variedade de alimentos incluem assar, chapear, refogar, fritar, cozinhar com ou sem imersão em água e são repetidamente utilizados em restaurantes comerciais e no meio doméstico como forma de modificar o preparo dos alimentos e evitar com isso, a monotonia nos cardápios.

O peixe considerado um alimento saudável e ao mesmo tempo funcional deve ter o seu consumo amplamente estimulado nos serviços de alimentação, apesar que o seu baixo consumo demonstrado neste estudo pode estar relacionado à flutuação na oferta das espécies utilizadas devido à sazonalidade, e conseqüentemente ao preço elevado e de baixa qualidade, seja em função de comercialização *in natura* e conservação, seja pelo armazenamento (OETTERER, 2002), o qual costuma ser determinante no momento da escolha do prato proteico na elaboração de cardápios nestes serviços, além dos padrões de consumo alimentar, as características pessoais, o estado de saúde e as dimensões atitudinais (TRONDSSEN, SCHOLDERER, LUND & EGGEN, 2003).

5.2 VERIFICAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO

5.2.1. Seletividade

Na Figura 13 estão apresentados cromatogramas típicos obtidos da solução padrão dos EMAG com concentração igual 85 mg L^{-1} (a), da solução padrão do nonadecanoato de metila (b) e da solução dos EMAG da amostra do filé de peixe merluza assado no forno combinado (c).

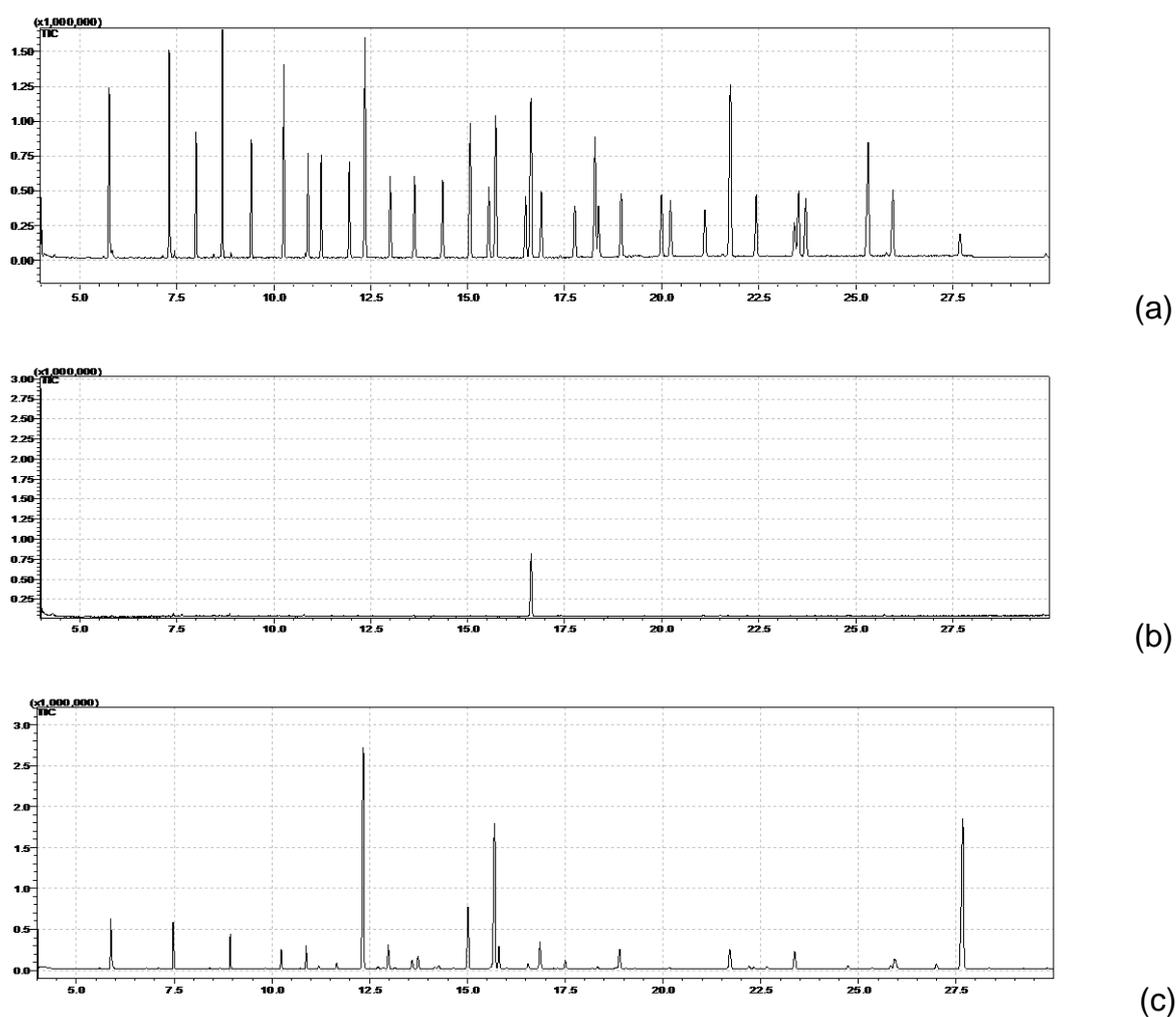


Figura 13. Cromatogramas obtidos da solução padrão dos EMAG com concentração igual 85 mg L^{-1} (a), da solução padrão do nonadecanoato de metila (b) e da solução dos EMAG da amostra do filé de peixe merluza assado no forno combinado (c), sob as seguintes condições cromatográficas: CG-EM, coluna SP-2330 com $30 \text{ m} \times 0,25 \text{ mm} \times 0,2 \mu\text{m}$, gás hélio de arraste $1,20 \text{ mL min}^{-1}$.

Na Tabela 3 está listado o padrão de 35 EMAG e do nonadecanoato de metila, utilizado como padrão interno, com seus respectivos tempos de retenção. Para a identificação de cada AG, três íons foram monitorados e para a quantificação utilizou o íon de maior intensidade.

Tabela 3. Íons de maior intensidade monitorados por CGEM com seus tempos de retenção (t_R) e relação m/z na solução padrão de EMAG.

Cadeia Carbônica	EMAG	Concentração (mg/mL)	t_R (min)	m/z	Íons Monitorados
C12:0	Láurico	0,4	8,680	74	87-55-57
C13:0	Tridecanoico	0,2	9,419	74	87-55-57
C14:0	Mirístico	0,4	10,257	74	87-55-57
C14:1	Miristoleico	0,2	10,882	55	69-74-96
C15:0	Pentadecanoico	0,2	11,224	74	87-55-57
C15:1	<i>cis</i> -10-pentadecenoico	0,2	11,948	55	69-74-96
C16:0	Palmítico	0,6	12,346	74	87-55-57
C16:1	Palmitoleico	0,2	13,005	55	69-74-83
C17:0	Heptadecanoico	0,2	13,626	74	87-55-57
C17:1	<i>cis</i> -10-heptadecenoico	0,2	14,354	55	69-74-96
C18:0	Estearico	0,4	15,056	74	87-55-57
C18:1n9t	Elaídico	0,2	15,537	55	69-74-57
C18:1n9c	Oleico	0,4	15,713	55	69-57-97
C18:2n6t	Linolelaídico	0,2	16,629	67	55-81-54
C19:0	Nonadecanoato de Metila	20,9	16,641	74	87-55-57
C18:2n6c	Linoleico	0,2	16,895	67	55-81-82
C18:3n6	γ -Linolênico	0,2	17,761	67	79-55-80
C20:0	Araquídico	0,4	18,267	74	87-55-57
C18:3n3	α -Linolênico	0,2	18,373	79	67-55-93
C20:1n9	<i>cis</i> -11-Eicosenoico	0,2	18,950	55	69-97-57
C21:0	Heneicosanoico	0,2	20,003	74	87-55-57
C20:2	<i>cis</i> -11.14-eicosadienoico	0,2	20,227	67	55-81-54
C20:3n3	<i>cis</i> -11.14.17-eicosatrienoico	0,2	21,107	79	67-55-80
C20:3n6	<i>cis</i> -8.11.14-eicosatrienoico	0,2	21,108	67	79-55-80
C22:0	Behenico	0,4	21,747	74	55-87-57
C22:1n9	Erucico	0,2	22,426	55	69-57-97
C20:5n3	EPA	0,2	23,424	79	91-67-93
C20:4n6	Araquidônico	0,2	23,421	67	91-67-93
C23:0	Tricosanoico	0,2	23,514	74	87-55-57
C22:2	<i>cis</i> -13.16-Docosadienoico	0,2	23,706	67	81-55-82
C24:0	Lignocerico	0,2	25,285	74	87-57-55
C24:1n9	Nervônico	0,2	25,939	55	69-57-83
C22:6n3	DHA	0,2	27,691	79	91-67-93

t_R : tempo de retenção

5.2.2 Linearidade

Conforme demonstrado para a curva de calibração (Figura 14) e para a distribuição dos resíduos Jackknife (Figura 15) obtidos no ajuste pelo método dos mínimos quadrados ordinários houve a necessidade do uso de ponderação na análise de regressão. Percebe-se que a dispersão dos resíduos aumenta com o aumento da concentração, caracterizando heteroscedasticidade. Este resultado foi confirmado pelo teste de F, que demonstrou a homogeneidade da variância para as duas faixas de concentração utilizadas nas curvas de calibração (Tabelas 4 e 5).

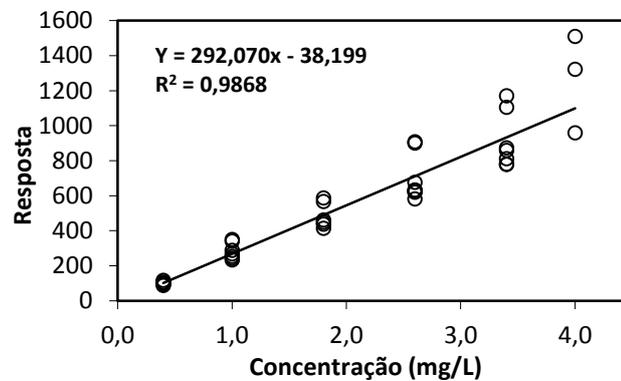


Figura 14. Curva analítica do EMAG láurico.

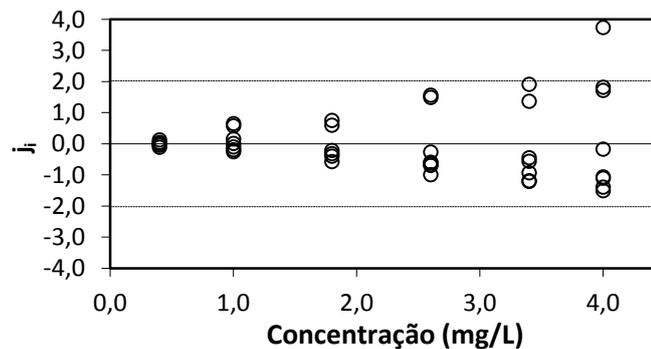


Figura 15. Variação dos resíduos *Jackknife* em função da concentração EMAG Láurico observada na análise de regressão da curva de calibração pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

Tabela 4. Teste da homogeneidade de variâncias e parâmetros da análise de regressão ponderada da curva de EMAG na faixa de concentração de 10 a 100 mg L⁻¹

EMAG	p(F)	a	b	R ²
<i>cis</i> 10 heptadecenoico	1,13E-05	-0,352	156,484	0,9978
<i>cis</i> 13,16 docosadienoico	2,27E-05	-8,048	114,395	0,9940
α Linolenico	1,57E-04	-8,469	77,489	0,9912
<i>cis</i> 8,11,14 eicosatrienoico	2,17E-02	-8,480	78,920	0,9955
γ linolenico	1,69E-03	-9,298	91,608	0,9804
<i>cis</i> 11 eicosenoico	7,75E-03	1,249	138,547	0,9974
<i>cis</i> 11,14 eicosadienoico	1,68E-04	-8,792	104,563	0,9909
<i>cis</i> 11,14,17 eicosatrienoico	2,42E-03	-8,407	63,806	0,9922
Heptadecanoico	4,32E-05	-20,144	243,601	0,9801
Miristoleico	4,56E-05	1,923	187,040	0,9900
Nervonico	2,01E-04	5,443	151,514	0,9895
Palmitoleico	6,12E-05	0,376	141,689	0,9975
Pentadecanoico	1,40E-04	-30,042	270,648	0,9769
Tricosanoico	1,61E-04	-26,562	200,498	0,9693
Araquidico	1,23E-03	-52,802	214,609	0,9870
Láurico	4,34E-03	-38,199	292,070	0,9868
Oleico	1,23E-03	-52,802	214,609	0,9877

p(F): probabilidade do teste de F para homogeneidade de variâncias; a: interseção; b: inclinação da curva de calibração; R²: coeficiente de determinação do ajuste.

Tabela 5. Teste de homogeneidade de variâncias e parâmetros da análise de regressão ponderada da curva de EMAG na faixa de concentração de 85 a 700 mg L⁻¹

EMAG	p(F)	a	b	R ²
<i>cis</i> 4,7,10,13,16,19 docosaenoico	7,37E-06	-20,139	50,004	0,9953
<i>cis</i> 10 heptadecenoico	3,61E-06	46,098	129,434	0,9836
<i>cis</i> 13,16 docosadienoico	7,32E-05	-11,569	119,891	0,9844
araquidônico	2,11E-05	14,953	43,486	0,9967
<i>cis</i> 5,8,11,14,17 eicosapentaenoico	2,72E-07	10,999	132,439	0,9794
<i>cis</i> 8,11,14 eicosatrienoico	1,84E-06	4,501	74,870	0,9908
<i>cis</i> 10 pentadecenoico	6,26E-06	78,304	151,595	0,9703
<i>cis</i> 11 eicosenoico	4,70E-07	38,347	117,235	0,9828
<i>cis</i> 11,14 eicosadienoico	8,96E-07	16,959	98,751	0,9907
<i>cis</i> 11,14,17 eicosatrienoico	3,50E-06	0,275	61,035	0,9909
Eláidico	3,65E-11	155,634	-56,096	0,9834
Heptadecanoico	9,89E-05	60,674	227,107	0,9860
Linoleico	4,10E-06	33,916	104,814	0,9895
Linolelaídico	1,13E-05	56,340	98,666	0,9904
Nervônico	2,01E-04	5,443	151,514	0,9895
Palmitoleico	1,21E-06	39,812	118,705	0,9798
Pentadecanoico	1,01E-03	71,336	238,208	0,9830
Tricosanoico	3,59E-04	-68,073	241,018	0,9881
Araquídico	5,84E-06	130,028	172,622	0,9825
Esteárico	6,52E-06	160,479	182,585	0,9873
Mirístico	7,11E-05	236,383	203,556	0,9845
Palmítico	4,61E-06	303,677	181,953	0,9830

p(F): probabilidade do teste de F para homogeneidade de variâncias; a: interseção; b: inclinação da curva de calibração; R²: coeficiente de determinação do ajuste.

5.2.3 Limite de detecção e de quantificação

Os LD e de LQ foram estabelecidos para os EMAG utilizando o aplicativo do software CG/EM Solutions em soluções padrões em n-hexano. As razões entre S/R foram calculadas para os dois menores níveis de concentração de padrões na curva de calibração (10 mg L⁻¹ e 85 mg L⁻¹). Baseado nas razões S/R obtidas nas respectivas concentrações dos padrões, os LD e LQ foram calculados para concentrações estimadas como S/R ≥ 3 e S/R ≥ 10 respectivamente (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6. Relação S/R dos padrões na solução de EMAG de 10 mg L⁻¹, LD e LQ, em µg L⁻¹, calculados a partir do S/R.

Nº	EMAG	S/R	LQ	LD
1	Láurico	1338,30	0,003	0,001
2	Mirístico	2383,26	0,002	0,001
3	Miristoleico	531,46	0,004	0,001
4	Pentadecanoico	3344,76	0,001	0,000
5	Palmitoleico	596,86	0,003	0,001
6	Heptadecanoico	1785,97	0,001	0,000
7	Oleico	508,16	0,008	0,003
8	Araquídico	373,51	0,011	0,004
9	γ Linolênico	413,68	0,005	0,002
10	<i>cis</i> 11 eicosenoico	463,50	0,004	0,001
11	<i>cis</i> 11,14 eicosadienoico	495,73	0,004	0,001
12	Tricosanoico	1350,48	0,001	0,000
13	<i>cis</i> 13,16 docosadienoico	581,98	0,003	0,001
14	Nervônico	297,47	0,007	0,002

S/R: Relação sinal/ruído; LD: limite de detecção; LQ: limite de quantificação

Os valores dos LD e LQ do método validados para o equipamento, estimado para os EMAG para a concentração 10 mg L⁻¹ foram de 0,001 a 0,011 mg L⁻¹ para LQ e 0,000 a 0,004 mg L⁻¹ para LD.

Tabela 7. Relação S/R, LD E LQ calculados para soluções padrão de EMAG na concentração de (85 mg L⁻¹).

Nº	EMAG	S/R	LQ	LD
1	<i>cis</i> 10 pentadecenoico	687,91	0,025	0,008
2	Palmítico	5185,12	0,010	0,003
3	<i>cis</i> 10 heptadecenoico	589,90	0,029	0,010
4	Esteárico	4630,41	0,007	0,002
5	Elaídico	569,04	0,030	0,010
6	Linolelaídico	967,82	0,018	0,006
7	Linoleico	534,88	0,032	0,011
8	<i>cis</i> 11,14,17 eicosatrienoico	257,91	0,066	0,022
9	<i>cis</i> 8,11,14 eicosatrienoico	383,81	0,044	0,015
10	Behenico	536,45	0,063	0,021
11	<i>cis</i> 5,8,11,14,17 eicosapentaenoico	61,83	0,275	0,092
12	Araquidônico	56,58	0,300	0,100
13	<i>cis</i> 4,7,10,13,16,19 docosahexaenoico	149,69	0,114	0,038

S/R: Relação sinal/ruído; LD: limite de detecção; LQ: limite de quantificação

Os valores dos limites de detecção e de quantificação do método validados para o equipamento, estimado para os ésteres metílicos de AG para a concentração 85 mg L⁻¹ foram de 0,007 a 0,300 mg L⁻¹ para LQ e 0,002 a 0,100 mg L⁻¹ para LD.

5.2.4. Precisão

A repetibilidade dos pontos da curva analítica dos padrões de FAME na faixa de 10 a 100 mg L⁻¹ preparada em n-hexano está demonstrada na Tabela 8. Os maiores valores verificados foram para os ésteres metílicos mirístico, láurico, pentadecanoico e tricosanoico que variaram de 12,4% a 14,0%, na concentração mais baixa (10 mg L⁻¹).

Estudo semelhante foi realizado para a curva de calibração da faixa de 85 a 700 mg L⁻¹, representado na Tabela 9. Percebe-se nesta faixa de concentração que os maiores CV foram para *cis* 5,8,11,14,17 eicosapentaenoico (10,6%) e *cis* 8,11,14 eicosatrienoico (10,4%), na concentração de 85 mg L⁻¹.

A precisão do método de ensaio foi avaliada pela variação da relação das áreas do analito pela área do PI, que foi adicionado no processo de esterificação. Esta avaliação foi feita no filé de merluza para tratamento EFC escolhido aleatoriamente e os resultados encontrados estão representados na Tabela 10. Em relação aos grupos AGS, AGM e AGP verifica-se que o maior valor de CV foi para o AG láurico (4,6), *cis* 10 pentadecenoico (8,7) e *cis* 11,14,17 eicosatrienoico (11,9), respectivamente para cada grupo.

Tabela 8. Precisão da curva analítica da faixa de 10 a 100 mg L⁻¹ de EMAG preparados em n-hexano e analisados por CG/EM.

EMAG	Nível de concentração (mg L ⁻¹)											
	10		25		45		65		85		100	
	CMD ⁽¹⁾	CV ⁽²⁾	CMD	CV	CMD	CV	CMD	CV	CMD	CV	CMD	CV
Araquídico	53,6	7,0	148,2	2,0	327,7	0,9	549,0	1,8	724,0	1,9	816,2	2,2
cis 11 eicosenoico	29,0	4,6	69,8	2,0	129,0	3,4	190,4	2,4	238,5	1,6	267,7	2,0
cis 11,14 eicosadienoico	13,8	5,8	38,8	3,6	80,3	2,4	131,8	2,9	179,9	4,0	209,9	2,0
cis 13,16 docosadienoico	15,8	6,4	45,5	3,7	94,6	3,1	143,6	2,6	196,6	3,7	210,6	6,6
γ Linolênico	12,7	7,0	31,7	3,2	67,8	2,4	115,8	2,2	158,0	2,8	186,6	2,7
Heptadecanoico	30,3	4,8	74,0	8,0	170,3	5,8	298,6	3,0	427,7	4,1	507,9	3,4
Láurico	80,5	13,9	231,4	7,6	506,8	4,9	771,6	3,6	964,5	4,4	1010,3	5,1
Mirístico	76,0	14,5	209,1	9,2	459,3	2,8	745,1	4,6	944,8	4,8	1027,6	6,2
Miristoleico	39,0	5,3	96,4	4,6	169,8	3,5	249,8	2,8	318,8	4,3	340,3	7,2
Oleico	53,6	7,0	148,2	2,0	327,7	0,9	549,0	1,8	724,0	1,9	816,2	2,2
Palmítico	107,9	7,3	314,0	5,1	658,6	1,5	1021,0	1,1	1270,1	2,3	1366,7	6,3
Pentadecanoico	31,9	12,8	83,9	8,4	191,1	4,6	337,7	3,0	473,9	4,9	545,0	7,1
Tricosanoico	24,1	12,4	66,3	3,3	154,5	5,9	246,3	3,7	348,8	5,8	409,9	4,9
Nervônico	32,73	6,1	85,09	2,5	150,38	6,5	203,76	3,5	252,78	3,5	282,61	6,2

⁽¹⁾CMD: concentração média determinada; ⁽²⁾ CV: desvio padrão relativo, %

Tabela 9. Precisão da curva analítica da faixa de 85 a 700 mg L⁻¹ de EMAG preparados em n-hexano e analisados por CG/EM.

EMAG	Nível de concentração (mg L ⁻¹)											
	85		100		150		300		500		700	
	CMD ⁽¹⁾	CV ⁽²⁾	CMD	CV								
<i>cis</i> 4,7,10,13,16,19 docosahexaenoico	65,09	3,7	79,39	2,9	130,51	1,8	269,53	5,0	473,23	3,0	728,78	5,3
<i>cis</i> 10 heptadecenoico	31,05	1,6	76,42	2,5	138,14	1,3	213,53	1,6	266,20	2,1	300,05	2,6
<i>cis</i> 13,16 docosadienoico	15,84	6,4	45,46	3,7	94,63	3,1	143,61	2,6	196,56	3,7	210,62	6,6
araquidônico	87,35	2,5	100,47	2,0	152,87	1,9	266,54	2,6	448,35	6,3	622,59	1,4
<i>cis</i> 5,8,11,14,17 eicosapentaenoico,	4,02	10,6	20,15	5,1	44,63	3,3	74,96	4,0	101,54	3,2	123,28	0,8
<i>cis</i> 8,11,14 eicosatrienoico	9,02	10,4	27,27	5,8	57,38	3,8	93,58	1,7	127,65	2,4	153,65	1,7

continua...

⁽¹⁾CMD: concentração média determinada; ⁽²⁾ CV: desvio padrão relativo, %.

Tabela 9. Precisão da curva analítica da faixa de 85 a 700 mg L⁻¹ de EMAG preparados em n-hexano e analisados por CG/EM.

EMAG	Nível de concentração (mg L ⁻¹)											
	85		100		150		300		500		700	
	CMD ⁽¹⁾	CV ⁽²⁾	CMD	CV	CMD	CV	CMD	CV	CMD	CV	CMD	CV
<i>cis</i> 10 pentadecenoico	41,11	4,4	101,04	4,3	176,69	1,7	263,39	2,9	331,04	2,7	355,92	4,2
<i>cis</i> 11 eicosenoico	29,03	4,6	69,79	2,0	128,98	3,4	190,44	2,4	238,51	1,6	267,69	2,0
<i>cis</i> 11,14 eicosadienoico	13,84	5,8	38,77	3,6	80,25	2,4	131,80	2,9	179,87	4,0	209,94	2,0
<i>cis</i> 11,14,17 eicosatrienoico	7,07	12,2	21,07	4,0	44,65	3,9	76	4,0	102,13	4,3	122,07	1,4
Elaídico	26,36	6,3	64,49	2,5	116,38	2,7	179,43	2,1	227,08	1,6	257,18	0,7
Heptadecanoico	30,29	4,8	74,04	8,0	170,28	5,8	298,56	3,0	427,66	4,1	507,91	3,4
Linoleico	17,36	5,6	44,69	2,6	91,31	0,6	153,90	2,7	208,37	3,4	240,70	1,6
Linolelaídico	48,47	5,3	71,90	2,2	114,93	2,5	173,43	1,2	221,68	2,4	252,92	1,7
Nervônico	32,73	6,1	85,09	2,5	150,38	6,5	203,76	3,5	252,78	3,5	282,61	6,2
Palmitoleico	28,85	3,9	71,06	3,5	125,94	1,8	190,83	2,1	242,06	2,9	269,50	4,7
Pentadecanoico	31,85	12,8	83,93	8,4	191,09	4,6	337,72	3,0	473,89	4,9	545,03	7,1
Tricosanoico	24,07	12,4	66,28	3,3	154,48	5,9	246,29	3,7	348,76	5,8	409,93	4,9
Araquídico	53,64	7,0	148,19	2,0	327,67	0,9	549,04	1,8	724,03	1,9	816,21	2,2
Esteárico	55,16	12,2	153,58	4,5	347,93	2,4	596,41	1,3	781,71	3,4	897,07	1,7
Mirístico	75,99	14,5	209,13	9,2	459,33	2,8	745,13	4,6	944,83	4,8	1027,57	6,2
Palmitico	107,85	7,3	313,95	5,1	658,57	1,5	1020,98	1,1	1270,11	2,3	1366,73	6,3

⁽¹⁾CMD: concentração média determinada; ⁽²⁾ DPR: desvio padrão relativo, %

Tabela 10. Média da relação de áreas do AG e PI e CV de nove extrações da amostra EFC analisadas por CG/EM.

	AGS⁽¹⁾	AAG/API⁽⁴⁾	CV(%)⁽⁵⁾
Láurico		0,11	4,60
Mirístico		7,97	1,63
Pentadecanoico		1,23	1,33
Palmitico		58,64	2,89
Heptadecanoico		1,24	2,26
Esteárico		9,40	2,29
Araquídico		0,31	4,05
Behenico		0,26	4,31
Tricosanoico		0,97	2,21
AGM⁽²⁾			
Miristoleico		0,35	3,20
<i>cis</i> 10 pentadecenoico		0,14	8,66
Palmitoleico		4,88	2,65
<i>cis</i> 10 heptadecenoico		0,65	2,62
Elaídico		13,72	1,91
Oleico		3,09	3,44
<i>cis</i> 11 Eicosenoico		0,89	1,49
Nervônico		0,32	3,69
AGP⁽³⁾			
Linolelaídico			0,00
γ Linolênico		1,64	2,18
<i>cis</i> 11,14 eicosadienoico		7,18	7,59
<i>cis</i> 8,11,14 eicosatrienoico		0,30	2,91
<i>cis</i> 11,14,17 eicosatrienoico		0,06	11,91
Araquidônico		1,50	1,65
<i>cis</i> 5,8,11,14,17 eicosapentaenoico		10,12	2,35
<i>cis</i> 13,16 docosadienoico		5,79	2,48
<i>cis</i> 4,7,10,13,16,19 docosahexaenoico		32,28	2,16

⁽¹⁾AGS: ácido graxo saturado; ⁽²⁾AGM: ácido graxo monoinsaturado; ⁽³⁾AGP: ácido graxo poliinsaturado; ⁽⁴⁾CV: desvio padrão relativo; ⁽⁵⁾AAG/API: relação entre as áreas do ácido graxo e do padrão interno.

A precisão instrumental avaliada para o AG araquídico, escolhido aleatoriamente do tratamento controle CRU e em todos os tratamentos de cocção pode ser verificada na Tabela 11, em que a média dos maiores CV foram para o GRE (9,3) e AFE (6,4).

Tabela 11. Precisão instrumental obtida para o AG araquídico em filé de merluza cru e preparado por diferentes métodos de cocção em três repetições.

Tratamentos	Média da Área do AG	CV ⁽¹⁾ (%)	Média da Área do AG	CV (%)	Média da Área do AG	CV (%)
CRU	4980	2,89	5590	6,24	11415	5,88
GRE	2494	14,84	1582	5,38	3427	7,70
AFE	5023	2,76	2009	5,34	15182	11,25
MIC	9179	2,73	5125	11,61	5490	1,14
ENF	2593	2,80	1780	2,20	13554	6,73
GFC	2935	6,80	3632	4,40	2727	6,02
EFC	8660	4,35	20647	2,21	20591	2,42
AFC	11527	3,10	16889	8,20	6918	0,56

⁽¹⁾CV: coeficiente de variação; CRU (Peixe Cru); GRE (Grelhado); AFE (Assado em Forno Elétrico); MIC (Micro-ondas); ENF (Ensopado em Fogão Convencional); GFC (Grelhado Forno Combinado); EFC (Ensopado Forno Combinado); AFC (Assado Forno Combinado).

A análise da precisão instrumental, da curva de calibração e do método de ensaio na amostra sugeriu que a metodologia possuía precisão adequada para a quantificação dos AG.

5.3. UMIDADE E TEOR DE LIPÍDIOS DOS FILÉS DE MERLUZA (*Merluccius hubbsi*) E DE PESCADA-BRANCA (*Cynoscion leiachurs*)

Os resultados do teor de umidade e de lipídios encontram-se na Tabela 12. A redução no teor de umidade ocorreu em todas as amostras nas duas espécies estudadas em função da perda de água causada pelos tratamentos térmicos. Para a espécie merluza (*Merluccius hubbsi*), a porcentagem de variação máxima foi no tratamento AFC (82,9%) e mínima no ENF (96,6%), enquanto na pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*), a porcentagem de variação máxima foi encontrada nos tratamentos AFC e GFC (89,1% e 89,0%, respectivamente) e mínima no ENF (98,3%).

O teor de umidade encontrado no tratamento ENF não diferiu ($p > 0,05$) do CRU, predominando o maior teor de umidade nos filés de merluza (*Merluccius hubbsi*) e pescada-branca (*Cynoscion leiachurs*) neste tratamento. Este resultado pode ser

explicado pelo fato de que no tratamento ENF, as amostras foram adicionadas de água durante o processo de cocção, resultando assim em maior teor de umidade. No trabalho de Hosseini et al., (2014) o teor de umidade foi semelhante ao deste estudo, em que ocorreu uma diminuição nos métodos de cocção frito (150°C /15 min), assado (180°C /30 min), micro-ondas (2450 MHz, 13 min), exceto para aquele cozido em água por 5 min.

No trabalho de Marimuthu (2012), o teor de umidade foi semelhante ao deste estudo, em que ocorreu uma diminuição em todos os métodos de cocção avaliados (cozido, frito, assado e grelhado), exceto para aqueles cozidos em água em temperatura de 99°C a 101°C, por 12 min.

Tabela 12. Teores médios e desvio-padrão de lipídios e umidade (g 100 g⁻¹) determinados em filés de merluza (*Merluccius hubbsi*) e em pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) crus e submetidos a diferentes métodos de cocção.

Método	LIPÍDIOS		UMIDADE	
	Merluza Base seca	Pescada-branca Base seca	Merluza	Pescada-branca
CRU	10,57 ^{bcA} ± 0,36	13,45 ^{bB} ± 0,90	81,16 ^{aA} ± 1,17	78,25 ^{aB} ± 0,39
GRE	8,15 ^{dA} ± 0,49	10,78 ^{dB} ± 0,33	71,97 ^{cdA} ± 0,58	74,41 ^{abA} ± 0,51
AFE	7,26 ^{deA} ± 0,70	10,40 ^{dB} ± 0,25	75,24 ^{bcA} ± 1,35	72,08 ^{bcB} ± 0,01
MIC	5,74 ^{eA} ± 0,39	10,89 ^{cdB} ± 0,60	67,43 ^{eA} ± 0,44	72,41 ^{bcB} ± 1,41
ENF	11,46 ^{bA} ± 0,61	12,64 ^{bcB} ± 0,80	78,40 ^{abA} ± 1,07	76,93 ^{aA} ± 1,55
GFC	6,14 ^{eA} ± 0,52	10,82 ^{dB} ± 0,60	70,42 ^{deA} ± 4,25	69,69 ^{cA} ± 0,96
EFC	8,88 ^{cdA} ± 0,79	9,70 ^{cdA} ± 0,44	72,72 ^{cdA} ± 0,71	70,33 ^{bcA} ± 3,20
AFC	7,35 ^{deA} ± 0,11	10,40 ^{dB} ± 0,29	67,25 ^{eA} ± 0,52	69,70 ^{cA} ± 1,98

CRU (Peixe Cru); GRE (Grelhado); AFE (Assado em Forno Elétrico); MIC (Micro-ondas); ENF (Ensopado em Fogão Convencional); GFC (Grelhado Forno Combinado); EFC (Ensopado Forno Combinado); AFC (Assado Forno Combinado). Média ± desvio padrão (n = 9) indicada por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna e mesma letra maiúscula entre as colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de lipídios totais para ambas as espécies foi para o tratamento ENF e o controle CRU, os quais não diferiram significativamente entre si, porém diferiram significativamente (p>0,05) entre espécies. Os menores teores para o

filé de merluza foram os tratamentos MIC e GFC, os quais não diferiram significativamente entre si e para o filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*), os tratamentos EFC, AFE e AFC, em que apenas o tratamento EFC diferiu dos demais e do controle CRU.

Segundo vários autores as diferenças nos teores lipídicos podem ser explicadas não apenas pelas variáveis não controláveis tais como a situação geográfica, estação do ano, sexo, hábitos alimentares e período reprodutivo que modificam o teor de AG de peixes, especialmente aqueles de água salgada, mas também pelas condições de temperatura e tempo de cocção, superfície de contato, método de cocção e conteúdo original de lipídios do peixe, os quais parecem ser os principais fatores responsáveis pelas alterações nos teores dos lipídios dos peixes após a preparação, e que nesse estudo foram controladas e padronizadas para todos os métodos de cocção (MAI et al., 1978; BOGNAR, 1998; PIRINI et al., 2010; KOCATEPE et al., 2011 & CASTRO-GONZALÉS et al., 2013).

5.4. PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO FILÉ DE MERLUZA (*Merluccius hubbsi*) E DE PESCADA-BRANCA (*Cynoscion leiarchus*)

5.4.1. Ácidos graxos saturados

Os resultados referentes à identificação e quantificação dos AGS para as espécies de peixes estudadas estão demonstrados, em base seca, na Tabela 13.

Dos nove AGS identificados no peixe cru e cozidos do filé de merluza e pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) os maiores teores foram dos ácidos palmítico (C16:0), mirístico (C14:0) e esteárico (C18:0), ocorrendo, após o tratamento térmico, uma redução significativa ($p < 0,05$) para a maioria dos ácidos, exceto para o ácido palmítico no filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*), no tratamento AFE ($p > 0,05$). Percebe-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para ácido palmítico entre as duas espécies de peixe nos tratamentos GFC e EFC.

O ácido palmítico é o principal AGS, contribuindo com 62,0% do total de AGS no peixe cru e com uma contribuição de 54,4% a 72,9% do total AGS nos demais tratamentos estudados para o filé de merluza (*Merluccius hubbsi*). Resultados semelhantes foram encontrados por Celik, Diler & Küçükgülmez (2005); Prato & Biandolino (2012) e Fernandes et al., (2014) em estudo realizado com outras espécies

de peixes. Em estudo realizado por Saldanha & Bragagnolo (2008) em filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) cru e grelhado, os ácidos palmítico e mirístico apresentaram os maiores valores entre os AGS identificados, como observado no presente trabalho.

Para o filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) a contribuição do ácido palmítico foi de 55,47% do total de AGS no peixe cru e com uma contribuição de 49,22% a 66,77% do total AGS nos demais tratamentos estudados. Resultados semelhantes foram encontrados por Sancho et al., (2011) em estudo realizado com a pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*), em que o percentual de contribuição do total de AGS para o ácido palmítico foi de 49,93%.

Os tratamentos térmicos que apresentaram os menores teores para os ácidos esteárico, mirístico e palmítico foram os GFC, AFC, EFC e AFE, os quais diferiram do filé cru ($p < 0,05$) do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*). Para o filé de pescada (*Cynoscion leiarchus*), o tratamento que apresentou o menor teor para os ácidos esteárico, mirístico e palmítico foi o EFC, os quais diferiram do filé cru ($p < 0,05$).

A lixiviação e a oxidação são mecanismos propostos para explicar o decréscimo dos teores do AG durante o tratamento térmico de alimentos segundo Sioen et al (2006). Além disso, mudanças no perfil de AG pela ação do aquecimento sobre os triacilgliceróis dos músculos de peixe favorecem perdas dos AG mais susceptíveis (GARCIA-ARIAS et al., 2003^a). Contudo, a oxidação atinge preferencialmente os AGP (DOMÍNGUEZ et al., 2014). Os filés submetidos aos tratamentos AFC e GFC alcançaram uma maior temperatura interna, 84°C e 87°C, proporcionando a perda dos AGS por lixiviação.

Embora o tratamento EFC tenha apresentado uma temperatura final menor (77°C) que os anteriores, foi um método que envolveu o uso do vapor e, conseqüentemente, manteve a superfície úmida evitando a formação de crosta superficial, sugerindo que também proporcionou a perda por lixiviação.

Para o total de AGS do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*), os menores teores foram quantificados nos tratamentos de cocção AFC e EFC, que não diferiram entre si, mas foram significativamente diferentes do tratamento CRU ($p < 0,05$) com uma redução de 69,1 % e 62,7 % respectivamente. Entretanto, para o filé de pescada (*Cynoscion leiarchus*), os menores teores foram quantificados nos tratamentos de cocção EFC e AFC, que não diferiram entre si, mas foram significativamente diferentes do tratamento CRU ($p < 0,05$) com uma redução de 66,77 % e 63,22 % respectivamente.

Dentre os AGS identificados, os ácidos mirístico e palmítico são considerados hipercolesterolêmicos, podendo estar associados à formação de placas de ateromas no organismo humano. Um dos mecanismos propostos para a ação dos AGS é a redução do número de receptores hepáticos a LDL-c, o que pode diminuir a remoção deste colesterol da corrente sanguínea (FORD, 2005; LOTTENBERG et al., 2012). Além disso, vários estudos epidemiológicos têm sugerido que AG, particularmente uma alta proporção de ácido palmítico e palmitoleico e uma baixa proporção de ácido linoleico tem sido relacionada com a obesidade, diabetes tipo 2, DCV e síndrome metabólica (HAYES et al., 1991; FORD, 2005; LOTTENBERG et al., 2012).

Resultados e discussão

Tabela 13. Valores médios e desvios-padrão dos teores de AGS (g 100 g⁻¹) em base seca do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e em pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) crus e submetidos a diferentes métodos de cocção.

AG	Métodos															
	CRU		GRE		AFE		MIC		ENF		GFC		EFC		AFC	
	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada
C12:0	0,097 ^a	0,009 ^a	0,019 ^g	0,002 ^{bc}	0,051 ^d	0,005 ^{abc}	0,073 ^b	0,008 ^a	0,011 ^h	0,002 ^c	0,061 ^c	0,006 ^{ab}	0,028 ^f	0,003 ^{bc}	0,047 ^e	0,005 ^{bc}
	±0,006	±0,004	±0,002	±0,001	±0,004	±0,001	±0,007	±0,003	±0,002	±0,001	±0,004	±0,003	±0,004	±0,002	±0,004	±0,001
C14:0	0,512 ^a	0,171 ^a	0,340 ^b	0,117 ^b	0,064 ^d	0,023 ^d	0,296 ^c	0,092 ^c	0,080 ^d	0,023 ^d	0,061 ^d	0,021 ^d	0,041 ^e	0,013 ^e	0,064 ^d	0,021 ^d
	±0,040	±0,011	±0,028	±0,002	±0,008	±0,001	±0,012	±0,002	±0,010	±0,001	±0,005	±0,003	±0,003	±0,003	±0,003	±0,006
C15:0	0,128 ^a	0,052 ^a	0,086 ^c	0,033 ^{bcd}	0,113 ^b	0,045 ^{ab}	0,081 ^{cd}	0,033 ^{bcd}	0,059 ^{ef}	0,027 ^{cde}	0,106 ^b	0,040 ^{abc}	0,053 ^f	0,019 ^e	0,070 ^{de}	0,026 ^{de}
	±0,021	±0,003	±0,007	±0,001	±0,013	±0,003	±0,015	±0,001	±0,008	±0,002	±0,017	±0,002	±0,004	±0,001	±0,010	±0,001
C16:0	2,387 ^a	1,034 ^a	2,051 ^b	0,958 ^a	1,927 ^b	0,999 ^a	1,140 ^{cd}	0,511 ^b	0,987 ^{de}	0,488 ^b	1,273 ^c	0,497 ^b	0,937 ^{ef}	0,418 ^b	0,777 ^f	0,392 ^b
	±0,218	±0,035	±0,243	±0,033	±0,324	±0,039	±0,081	±0,020	±0,127	±0,027	±0,201	±0,025	±0,060	±0,012	±0,129	±0,011
C17:0	0,042 ^a	0,033 ^a	0,034 ^b	0,027 ^b	0,024 ^c	0,021 ^c	0,041 ^a	0,032 ^a	0,017 ^d	0,011 ^d	0,015 ^d	0,013 ^d	0,011 ^e	0,009 ^e	0,010 ^e	0,007 ^e
	±0,003	±0,001	±0,003	±0,002	±0,002	±0,001	±0,004	±0,001	±0,002	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001	±0,003
C18:0	0,498 ^a	0,443 ^a	0,386 ^b	0,360 ^{bb}	0,332 ^c	0,337 ^{bc}	0,372 ^b	0,302 ^c	0,223 ^d	0,139 ^d	0,156 ^{ex}	0,138 ^{dex}	0,130 ^{ex}	0,107 ^{ex}	0,152 ^e	0,125 ^{de}
	±0,036	±0,010	±0,050	±0,016	±0,065	±0,019	±0,015	±0,070	±0,025	±0,008	±0,024	±0,007	±0,016	±0,002	±0,014	±0,009
C20:0	0,103 ^a	0,071 ^a	0,094 ^b	0,058 ^b	0,091 ^{bc}	0,060 ^b	0,046 ^e	0,030 ^d	0,085 ^c	0,049 ^b	0,043 ^e	0,023 ^d	0,058 ^d	0,041 ^c	0,041 ^e	0,026 ^d
	±0,006	±0,002	±0,012	±0,002	±0,010	±0,002	±0,002	±0,002	±0,003	±0,030	±0,005	±0,003	±0,007	±0,005	±0,004	±0,004
C22:0	0,080 ^a	0,037 ^a	0,057 ^b	0,029 ^e	0,036 ^d	0,018 ^c	0,041 ^d	0,019 ^c	0,020 ^f	0,011 ^d	0,048 ^c	0,027 ^b	0,024 ^{ef}	0,013 ^{cd}	0,028 ^e	0,013 ^{cd}
	±0,011	±0,001	±0,008	±0,001	±0,003	±0,009	±0,006	±0,001	±0,002	±0,004	±0,009	±0,001	±0,004	±0,008	±0,003	±0,006
C23:0	0,007 ^a	0,014 ^a	0,006 ^b	0,012 ^b	0,005 ^b	0,009 ^d	0,005 ^c	0,011 ^c	0,004 ^d	0,006 ^e	0,003 ^e	0,005 ^f	0,002 ^f	0,004 ^g	0,003 ^e	0,005 ^f
	±0,001	±0,001	±0,000	±0,001	±0,001	±0,004	±0,001	±0,003	±0,000	±0,004	±0,000	±0,003	±0,000	±0,002	±0,000	±0,002
Σ AGS	3,853 ^a	1,864 ^a	3,073 ^b	1,596 ^b	2,644 ^c	1,518 ^b	2,094 ^d	1,038 ^c	1,485 ^f	0,806 ^{cd}	1,766 ^e	0,770 ^d	1,282 ^{fg}	0,626 ^d	1,192 ^g	0,620 ^d
	±0,303	±0,036	±0,297	±0,048	±0,399	±0,052	±0,085	±0,028	±0,167	±0,019	±0,157	±0,023	±0,073	±0,015	±0,118	±0,010

AG: ácido graxo; CRU (Peixe Cru); GRE (Grelhado); AFE (Assado em Forno Elétrico); MIC (Micro-ondas); ENF (Ensopado em Fogão Convencional); GFC (Grelhado Forno Combinado); EFC (Ensopado Forno Combinado); AFC (Assado Forno Combinado). Média ± desvio padrão (n = 9) indicada por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna e mesma letra maiúscula entre as colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.2. Ácidos graxos monoinsaturados e ácidos graxos trans

Os resultados referentes à identificação e quantificação dos AGM e AGT para as espécies de peixes estudadas estão demonstrados, em base seca, na Tabela 14. O AGM mais abundante na maioria dos métodos de cocção estudados foi o AG oleico (C18:1n9).

Neste estudo foram identificados sete AGM, sendo os ácidos palmitoleico e oleico os que apresentaram os maiores teores no tratamento CRU, diferindo ($p < 0,05$) de todos os tratamentos, exceto o oleico no tratamento AFC ($p > 0,05$) para o filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*). No tratamento GRE e MIC, o ácido palmitoleico não diferiu entre as espécies de peixe estudadas.

O tratamento menos favorável à preservação dos AGM foi o MIC, quando comparado ao tratamento CRU ($p < 0,05$). O aquecimento por micro-ondas em diferentes tipos de carnes foi relacionado a altos níveis de compostos de oxidação lipídica (WEBER et al., 2008; BRONCANO et al., 2009; DOMÍNGUEZ et al., 2014), levando à redução de AG. Segundo FERRARI & TORRES (2000), a cocção em forno micro-ondas provoca a liberação acelerada de ferro nas proteínas heme, como a hemoglobina e mioglobina, e conseqüentemente aumento da oxidação lipídica devido à liberação do oxigênio da mioglobina, transformando-a em metamioglobina, que na presença de ferro, catalisa a oxidação lipídica.

Em estudo realizado por Saldanha & Bragagnolo (2007), utilizando o filé de merluza cru (*Merluccius hubbsi*) foram obtidos resultados semelhantes ao total de AGM encontrados neste estudo, variando de 2,834 a 2,906 g 100g⁻¹ em base seca.

Dos AGM, o ácido oleico ($\omega 9$) é o de maior importância do ponto de vista nutricional, pois possui um efeito neutro nos processos aterogênicos, é o mais comum encontrado na natureza e com maior concentração no óleo de oliva (RAMIREZ-TORTOSA et al., 1999; LUNN & THEOBALD, 2006), além de apresentar um efeito protetor contra o câncer (TRICHOPOULOU et al., 2000; LUNN & THEOBALD, 2006).

Verifica-se que os métodos de cocção que mais preservaram esse AG foram os tratamentos AFC (96,5%) que não apresentou diferença significativa em relação ao tratamento CRU ($p > 0,05$) e EFC (87,1%), que não diferiu significativamente do AFC ($p > 0,05$). Para o filé de pescada (*Cynoscion leiarchus*), verifica-se que os métodos de cocção que mais preservaram o AG oleico foram os tratamentos AFC (87,3%), EFC (81,8%) que apresentaram diferença significativa em relação ao tratamento CRU

($p < 0,05$), sugerindo que a forma de ácido, sugerindo que transmissão de calor pode ter sido o fator preponderante na preservação deste.

Contrariamente, o método menos favorável a este AG foi o método MIC que diferiu significativamente do filé CRU ($p < 0,05$), com uma diminuição de 60,6% e 67,7% para o filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*), respectivamente.

Percebe-se que os tratamentos de cocção que melhor preservaram o total de AGM em ambas espécies de peixes foram aqueles que utilizaram o calor úmido, principalmente EFC e AFC, porém diferiram ($p < 0,05$) do CRU. Estudos realizados por Danowska-Oziewicz, Ska-Tymoszczyk & Borowski (2007), confirmam a importância da qualidade de alimentos cozidos em forno combinado, pois tanto o valor nutricional como sensorial utilizando o calor úmido foram superiores aqueles que utilizam outras técnicas de cocção.

O ÁGT elaídico foi identificado nos peixes crus e após o processamento, ocorrendo, após o tratamento térmico, uma redução significativa ($p < 0,05$) nos tratamentos térmicos, exceto no EFC no filé peixe merluza (*Merluccius hubbsi*). A quantidade de água na matriz alimentar pode influenciar a estabilidade oxidativa dos lipídios, podendo tanto impedir como estimular as reações de oxidação (FRANKEL, 1996). Segundo Ladikos & Lougovois (1990), isso pode ser explicado pela formação de canais na matriz alimentar devido a eliminação da água, num processo de desidratação do alimento, favorecendo a migração do oxigênio. Por outro lado, pode beneficiar reações de oxidação enzimática e impulsionar metais de transição (pró-oxidantes) pela água.

Verifica-se que o único tratamento que não diferiu ($p > 0,05$) entre as espécies estudadas foi o GRE para o total de AGT e também os tratamentos GRE e MIC para o AGM cis 10 eicosênico ($p > 0,05$).

O consumo de AGT podem aumentar o colesterol LDL e reduzir o colesterol HDL, aumentando, portanto, a relação colesterol total/HDL, nutricionalmente inadequada à saúde (TAPIERO, BA & TEW, 2002; MENSINK et al., 2003). De acordo com Sabarense & Mancini-Filho (2004) os AGT monoinsaturados com 18 carbonos são os mais prevalentes na dieta, especialmente o ácido elaídico (C18:1 9t) e o ácido trans-vacênico (C18:1 11t).

Tabela 14. Valores médios e desvios-padrão dos teores de AGM e AGT (g 100 g⁻¹) em base seca do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e em pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) crus e submetidos a diferentes métodos de cocção.

AG	Métodos															
	CRU		GRE		AFE		MIC		ENF		GFC		EFC		AFC	
	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada
C14:1n9	0,091 ^a ±0,007	0,009 ^a ±0,002	0,019 ^d ±0,004	0,002 ^a ±0,001	0,081 ^b ±0,016	0,003 ^a ±0,001	0,019 ^d ±0,004	0,002 ^a ±0,001	0,019 ^d ±0,003	0,008 ^a ±0,003	0,027 ^d ±0,006	0,002 ^a ±0,001	0,054 ^c ±0,008	0,006 ^a ±0,002	0,078 ^b ±0,018	0,007 ^a ±0,002
C15:1	0,011 ^a ±0,003	0,052 ^a ±0,007	0,004 ^d ±0,001	0,017 ^{ef} ±0,007	0,009 ^{ab} ±0,003	0,025 ^d ±0,006	0,004 ^d ±0,001	0,015 ^f ±0,007	0,005 ^{cd} ±0,002	0,038 ^b ±0,002	0,005 ^{cd} ±0,001	0,018 ^e ±0,008	0,009 ^{ab} ±0,002	0,034 ^c ±0,006	0,007 ^{bc} ±0,002	0,027 ^d ±0,008
C16:1n7	1,156 ^a ±0,063	1,772 ^a ±0,034	0,057 ^{ex} ±0,005	0,088 ^{fx} ±0,004	0,308 ^d ±0,061	0,155 ^{ef} ±0,004	0,048 ^{ex} ±0,003	0,068 ^{bx} ±0,009	0,108 ^e ±0,011	0,501 ^d ±0,004	0,087 ^e ±0,008	0,187 ^e ±0,007	0,913 ^c ±0,113	1,428 ^c ±0,067	1,029 ^b ±0,106	1,546 ^b ±0,056
C17:1n7	0,395 ^a ±0,055	0,045 ^a ±0,004	0,067 ^d ±0,006	0,009 ^{ab} ±0,005	0,162 ^c ±0,015	0,011 ^{ab} ±0,007	0,086 ^a ±0,006	0,011 ^a ±0,002	0,091 ^d ±0,009	0,021 ^b ±0,001	0,084 ^d ±0,006	0,011 ^{ab} ±0,007	0,306 ^d ±0,033	0,036 ^{ab} ±0,008	0,367 ^b ±0,067	0,045 ^{ab} ±0,012
C18:1n9	0,967 ^a ±0,039	4,244 ^a ±0,137	0,432 ^e ±0,039	1,757 ^e ±0,079	0,811 ^c ±0,061	1,813 ^e ±0,057	0,381 ^e ±0,056	1,372 ^f ±0,038	0,603 ^d ±0,055	3,707 ^b ±0,080	0,399 ^e ±0,027	2,361 ^d ±0,083	0,842 ^{bc} ±0,043	3,470 ^c ±0,005	0,933 ^{ab} ±0,059	3,705 ^b ±0,004
C20:1n9	0,281 ^a ±0,024	0,223 ^a ±0,001	0,017 ^{ex} ±0,001	0,013 ^{ex} ±0,003	0,093 ^c ±0,016	0,014 ^e ±0,002	0,017 ^{ex} ±0,005	0,015 ^{ex} ±0,005	0,056 ^d ±0,005	0,083 ^c ±0,017	0,017 ^e ±0,004	0,044 ^d ±0,008	0,261 ^b ±0,021	0,204 ^b ±0,003	0,250 ^b ±0,031	0,216 ^{ab} ±0,016
C24:1n9	0,091 ^a ±0,011	0,058 ^a ±0,009	0,015 ^f ±0,001	0,009 ^f ±0,004	0,045 ^c ±0,007	0,020 ^{cd} ±0,003	0,014 ^f ±0,002	0,009 ^f ±0,004	0,030 ^e ±0,005	0,026 ^c ±0,008	0,038 ^d ±0,006	0,016 ^{de} ±0,008	0,084 ^b ±0,007	0,051 ^b ±0,015	0,019 ^f ±0,002	0,011 ^{ef} ±0,008
Σ AGM	2,993 ^a ±0,110	6,403 ^a ±0,117	0,6123 ^f ±0,036	1,896 ^g ±0,079	1,511 ^d ±0,074	2,042 ^f ±0,058	0,569 ^f ±0,053	1,493 ^h 0,037	0,913 ^e ±0,057	4,384 ^d ±0,075	0,657 ^f ±0,040	2,640 ^e ±0,089	2,469 ^c ±0,114	5,228 ^c ±0,092	2,682 ^b ±0,158	5,558 ^b ±0,083
C18:1n9t	0,045 ^a ±0,006	0,022 ^a ±0,009	0,019 ^{ef} ±0,003	0,009 ^{cd} ±0,001	0,028 ^c ±0,004	0,012 ^{cd} ±0,006	0,017 ^f ±0,002	0,008 ^d ±0,003	0,023 ^{de} ±0,005	0,018 ^{bc} ±0,004	0,019 ^{ef} ±0,005	0,012 ^{bcd} ±0,004	0,035 ^b ±0,005	0,017 ^b ±0,005	0,026 ^{cd} ±0,007	0,011 ^{cd} ±0,004
C18:2n6t	0,055 ^a ±0,002	0,024 ^b ±0,008	0,028 ^e ±0,002	0,035 ^a ±0,013	0,051 ^b ±0,003	0,024 ^b ±0,012	0,019 ^f ±0,001	0,008 ^e ±0,003	0,049 ^b ±0,008	0,024 ^b ±0,006	0,034 ^d ±0,002	0,015 ^{cd} ±0,014	0,043 ^c ±0,002	0,019 ^c ±0,004	0,034 ^d ±0,002	0,016 ^{cd} ±0,005
Σtrans	0,100 ^a ±0,006	0,047 ^a ±0,002	0,047 ^{dx} ±0,003	0,044 ^{abx} ±0,001	0,079 ^b ±0,004	0,036 ^c ±0,001	0,036 ^e ±0,002	0,016 ^e ±0,001	0,072 ^b ±0,005	0,038 ^{bc} ±0,001	0,053 ^{cd} ±0,005	0,027 ^d ±0,002	0,078 ^b ±0,005	0,036 ^c ±0,001	0,060 ^c ±0,007	0,027 ^d ±0,001

AG: ácido graxo; CRU (Peixe Cru); GRE (Grelhado); AFE (Assado em Forno Elétrico); MIC (Micro-ondas); ENF (Ensopado em Fogão Convencional); GFC (Grelhado Forno Combinado); EFC (Ensopado Forno Combinado); AFC (Assado Forno Combinado). Média ± desvio padrão (n = 9) indicada por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna e mesma letra maiúscula entre as colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.3. Ácidos graxos polinsaturados

Os resultados referentes à identificação e quantificação dos AGP para as espécies de peixes estudadas estão demonstrados, em base seca, na Tabela 15.

Os AGP mais abundantes na maioria dos métodos de cocção estudados foram os AGP ω 3, principalmente C20:5 ω 3 (EPA) e C22:6 ω 3 (DHA). Quando se observa os métodos de cocção estudados, verifica-se que o melhor perfil do ω 3EPA foi para os métodos AFC e EFC e para o DHA os métodos EFC, AFC, ENF e GFC. Durante as últimas décadas, cada vez mais se tem dada atenção aos estudos epidemiológicos e experimentais sobre o significado dos AGP na nutrição humana, principalmente os ω 3AGP, EPA e DHA (SIMOPOULOS, 2002; SIDHU, 2003).

Foram identificados oito AGP no filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e pescada-branca, dos quais se destacam nutricionalmente os ácidos ω 3DHA e ω 3EPA, contribuindo com 60,0% e 19,6% do total de AGP no peixe filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) cru e 52,3% e 18,1% do total de AGP no peixe pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) cru, respectivamente.

Os maiores teores nos tratamentos para o ácido ω 3DHA foram ENF, EFC e AFC os quais diferiram significativamente ($p < 0,05$) quando comparados ao tratamento CRU. O tratamento que melhor preservou o ácido ω 3EPA foi AFC que não diferiu significativamente ($p > 0,05$) do CRU da espécie de peixe merluza (*Merluccius hubbsi*). Em relação ao filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) percebe-se que os maiores teores nos tratamentos térmicos para o ácido ω 3DHA foram EFC, ENF e AFC os quais diferiram significativamente ($p < 0,05$) quando comparados ao tratamento CRU, sendo o tratamento EFC o que melhor preservou o ácido ω 3EPA.

Percebe-se que para o ω 3EPA não houve diferença do teor deste ácido no tratamento térmico ENF nas duas espécies de peixe estudadas, porém a maior perda significativa ($p < 0,05$) de EPA foi proporcionada pela ENF sendo condizente com o trabalho de Sancho et al., (2011) que também relataram perdas de EPA em filés de peixe cozidos em água.

Para o total de AGP verificou-se que houve perdas significativas ($p < 0,05$) após a cocção. Contudo, os métodos EFC e AFC apresentaram os maiores percentuais de retenção dos AGP tanto no filé de merluza (*Merluccius hubbsi*), quanto no filé da pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*), respectivamente 86,3% e 80,9% e 83,4%, 77,7%.

Estes resultados estão em concordância com Karpińska-Tymoszczyk et al., (2011) que avaliaram o efeito da aplicação de vapor do forno combinado no cozimento de carne de peru verificando que ocorreram menores perdas de AGP. Labuza & Dugan Jr (1971) estudaram a cinética de oxidação lipídica relatando que a água ligada à superfície dos alimentos interage no retardamento da oxidação por impedir a ação do oxigênio sobre o lipídio. Assim, sugere-se que a água que gerou o vapor utilizado nos tratamentos EFC e AFC impediu a oxidação dos AGP.

LABUZA & DUGAN JR (1971) estudaram a cinética de oxidação lipídica relatando que a água ligada à superfície dos alimentos interage no retardamento da oxidação por impedir a ação do oxigênio sobre o lipídio. Assim, sugere-se que a água que gerou o vapor utilizado nos tratamentos EFC e AFC impediu a oxidação dos AGP. Um dos benefícios dos AGP, em especial EPA e DHA esta relacionado à agregação plaquetária e a tendência a inibir a trombose (RUXTON et al., 2004). Estudo conduzido por SANCHO et al., (2011) encontraram valores inferiores no total de AGP no filé de pescada-branca cru ($2,445 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) e ensopado ($2,111 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$).

Os óleos de peixe são considerados ricos em AGP, especialmente em EPA e DHA, ácidos essenciais que, em estudos experimentais, demonstraram efeitos benéficos sobre a doença cardíaca coronária, prevenção da aterosclerose, trombose, pressão sanguínea, câncer, depressão, hipertrigliceridemia, hipertensão, doença auto-imune e possivelmente, alergia (GLADYSHEV et al., 2006; MAIRESSE et al., 2006).

O tratamento MIC, GRE e AFE ocasionaram a maior perda de DHA ($p < 0,05$) em relação ao CRU, nas duas espécies de peixes estudadas. Saldanha & Bragagnolo (2007) também verificaram perdas crescentes de DHA em filés de merluza submetidos à grelhagem ao longo de 120 dias de estocagem.

Comparando-se o total de $\omega 3$ e $\omega 6$, nota-se que em todos os tratamentos os teores de $\omega 3$ foram superiores ao $\omega 6$. FERNANDES et al (2014) também relataram maior proporção de $\omega 3$ em relação ao $\omega 6$, resultado atribuído ao fato de se tratar de peixes marinhos como no presente estudo. Dos tratamentos em que não houve diferença ($p > 0,05$) entre as espécies de peixes estudadas no total de $\omega 6$, destacam-se CRU, GRE, MIC, ENF.

Dos $\omega 6$ AGP o mais abundante neste estudo foi o C20:4n6 (ARA), com destaque para os tratamentos EFC e AFC que diferiram do CRU ($p < 0,05$), porém apresentaram uma redução de 14,1% e 27,86%, respectivamente, enquanto o MIC

apresentou uma redução de 86,3% em relação ao filé CRU de merluza (*Merluccius hubbsi*).

Dos ω 6AGP os maiores teores no filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) foram o C20:4n6 (ARA) e o C22:2n6 (*cis* 13, 16 docosadienoico), com destaque para os tratamentos EFC e AFC que diferiram do CRU ($p < 0,05$). Os tratamentos MIC e GFC apresentaram os menores teores em relação ao filé cru ($p > 0,05$). Contrariamente, em estudo realizado por Sancho et al. (2011) envolvendo a cocção de filés de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) não foram encontrados nenhum destes ácidos.

Para o ARA percebe-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos GRE, MIC, ENF, GFC nos peixes estudados.

Os produtos da ação das enzimas ciclooxygenase e lipoxigenase sobre o ácido araquidônico são prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos, também denominados eicosanóides. Tais compostos são agentes homeostáticos, envolvidos na manutenção da integridade dos sistemas inflamatório, cardiovascular e renal (CALDER, 2004).

Contrariamente, em estudo envolvendo a cocção de filés de badejo em micro-ondas não foram encontradas alterações significativas ($p > 0,05$) nos teores de C20:4n6 em relação aos filés crus (TÜRKKAN, CAKLI & KILINC, 2008). Embora tenham utilizado a mesma frequência de operação do equipamento (2450 MHz) do presente estudo, o tempo foi menor (13 min). Caponio, Pasqualone & Gomes (2003) relataram maior extensão da degradação oxidativa em óleos aquecidos com níveis significativamente mais elevados ($p < 0,001$) de compostos polares, oligopolímeros de triacilgliceróis e os triacilgliceróis oxidados nos tratamentos de micro-ondas do que em forno convencional.

O ácido ARA é o substrato para a produção de eicosanoides, alguns com propriedades pró-inflamatórias, vasoconstritoras e pró-agregantes, como a prostaglandina E2, o tromboxano A2 e o leucotrieno B4. Este AG funciona também como substrato para outros eicosanoides, anti-inflamatórios/antiagregantes, como a prostaciclina, a lipoxina A4 e ácidos epoxieicosatrienoicos, que possuem importante efeito vasodilatador (SERHAN, CHIANG & VAN DYKE, 2005; NODE et al., 1999).

Tabela 15. Valores médios e desvios-padrão dos teores de AGP (g 100 g⁻¹) em base seca do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e em pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) crus e submetidos a diferentes métodos de cocção.

AG	Métodos															
	CRU		GRE		AFE		MIC		ENF		GFC		EFC		AFC	
	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada
C18:3n6	0,220 ^a ±0,012	0,138 ^a ±0,037	0,031 ^c ±0,004	0,016 ^d ±0,007	0,059 ^b ±0,007	0,031 ^c ±0,008	0,028 ^c ±0,004	0,015 ^d ±0,007	0,050 ^b ±0,006	0,059 ^d ±0,011	0,047 ^b ±0,004	0,026 ^d ±0,002	0,214 ^a ±0,030	0,115 ^b ±0,002	0,206 ^a ±0,020	0,107 ^b ±0,008
C20:2n6	0,070 ^a ±0,004	0,030 ^a ±0,010	0,034 ^d ±0,002	0,014 ^c ±0,004	0,069 ^a ±0,005	0,028 ^a ±0,006	0,035 ^d ±0,004	0,014 ^c ±0,003	0,043 ^c ±0,003	0,019 ^c ±0,005	0,044 ^c ±0,004	0,017 ^c ±0,004	0,056 ^b ±0,004	0,022 ^{bc} ±0,004	0,059 ^b ±0,005	0,022 ^b ±0,005
C20:3n3	0,004 ^a ±0,003	0,168 ^a ±0,037	0,001 ^a ±0,002	0,051 ^d ±0,028	0,002 ^a ±0,002	0,074 ^c ±0,006	0,001 ^a ±0,001	0,033 ^e ±0,002	0,001 ^a ±0,001	0,060 ^c ±0,009	0,001 ^a ±0,001	0,034 ^e ±0,008	0,002 ^a ±0,002	0,074 ^c ±0,008	0,003 ^a ±0,002	0,123 ^b ±0,04
C20:3n6	0,068 ^a ±0,005	0,023 ^a ±0,004	0,017 ^d ±0,001	0,006 ^{bc} ±0,002	0,024 ^b ±0,003	0,008 ^b ±0,004	0,011 ^e ±0,002	0,003 ^d ±0,002	0,016 ^d ±0,002	0,006 ^{bcd} ±0,002	0,013 ^e ±0,002	0,004 ^{cd} ±0,002	0,020 ^c ±0,001	0,007 ^{bc} ±0,003	0,026 ^b ±0,003	0,008 ^b ±0,004
C20:4n6	0,262 ^a ±0,015	0,280 ^a ±0,007	0,066 ^{ex} ±0,006	0,069 ^{dx} ±0,008	0,054 ^{ef} ±0,002	0,070 ^d ±0,003	0,036 ^{ex} ±0,001	0,035 ^{ex} ±0,005	0,137 ^{dx} ±0,011	0,173 ^{cx} ±0,005	0,042 ^{fgx} ±0,002	0,039 ^{ex} ±0,005	0,225 ^b ±0,021	0,236 ^b ±0,006	0,189 ^c ±0,021	0,225 ^b ±0,006
C20:5n3	0,746 ^a ±0,033	0,563 ^a ±0,019	0,120 ^{de} ±0,006	0,098 ^c ±0,003	0,222 ^c ±0,005	0,185 ^b ±0,008	0,097 ^e ±0,003	0,077 ^{cd} ±0,006	0,066 ^{dx} ±0,008	0,226 ^{dx} ±0,005	0,124 ^d ±0,010	0,094 ^c ±0,007	0,676 ^b ±0,039	0,587 ^a ±0,029	0,736 ^a ±0,037	0,566 ^a ±0,016
C22:2n6	0,155 ^a ±0,006	0,280 ^a ±0,007	0,013 ^e ±0,002	0,022 ^{ef} ±0,006	0,017 ^e ±0,001	0,027 ^e ±0,005	0,011 ^e ±0,001	0,017 ^f ±0,001	0,032 ^d ±0,002	0,094 ^d ±0,004	0,013 ^e ±0,001	0,019 ^f ±0,007	0,105 ^c ±0,004	0,176 ^c ±0,009	0,116 ^b ±0,010	0,197 ^b ±0,009
C22:6n3	2,282 ^a ±0,111	1,625 ^a ±0,073	1,189 ^e ±0,130	0,849 ^d ±0,033	1,261 ^{de} ±0,163	0,897 ^d ±0,043	1,403 ^d ±0,171	0,986 ^{cd} ±0,035	1,733 ^c ±0,252	1,317 ^b ±0,058	1,650 ^c ±0,244	1,167 ^{bc} ±0,044	1,986 ^b ±0,258	1,375 ^b ±0,049	1,728 ^c ±0,221	1,166 ^{bc} ±0,109
Σ AGP	3,803 ^a ±0,128	3,107 ^a ±0,081	1,471 ^e ±0,249	1,124 ^e ±0,041	1,705 ^d ±0,250	1,321 ^{de} ±0,051	1,621 ^{de} ±0,242	1,180 ^e ±0,038	2,077 ^c ±0,169	1,622 ^c ±0,011	1,933 ^c ±0,258	1,401 ^d ±0,046	3,282 ^b ±0,125	2,592 ^b ±0,041	3,078 ^b ±0,156	2,414 ^b ±0,108
Σω3	3,032 ^a ±0,119	2,356 ^a ±0,078	1,311 ^e ±0,131	0,998 ^f ±0,037	1,488 ^{de} ±0,162	1,157 ^e ±0,051	1,501 ^c ±0,111	1,096 ^{cde} ±0,036	1,801 ^c ±0,257	1,374 ^d ±0,009	1,774 ^c ±0,250	1,296 ^{cd} ±0,045	2,664 ^b ±0,274	2,037 ^b ±0,037	2,467 ^b ±0,242	1,855 ^b ±0,109
Σω6	0,804 ^{ax} ±0,087	0,751 ^{ax} ±0,011	0,199 ^{dx} ±0,023	0,126 ^{ex} ±0,004	0,257 ^c ±0,020	0,164 ^{cde} ±0,003	0,133 ^{dx} ±0,012	0,084 ^{dex} ±0,002	0,300 ^{cx} ±0,048	0,248 ^{cx} ±0,005	0,181 ^c ±0,013	0,105 ^{cd} ±0,002	0,629 ^b ±0,071	0,556 ^b ±0,009	0,628 ^b ±0,072	0,560 ^b ±0,007

AG: ácido graxo; CRU (Peixe Cru); GRE (Grelhado); AFE (Assado em Forno Elétrico); MIC (Micro-ondas); ENF (Ensofado em Fogão Convencional); GFC (Grelhado Forno Combinado); EFC (Ensofado Forno Combinado); AFC (Assado Forno Combinado). Média ± desvio padrão (n = 9) indicada por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna e mesma letra maiúscula entre as colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.5. ÍNDICE DE QUALIDADE NUTRICIONAL (IQN) DO PERFIL LIPÍDICO DO FILÉ DE MERLUZA (*Merluccius hubbsi*) E DE PESCADA-BRANCA (*Cynoscion leiachurs*)

Na Tabela 16 estão representados os índices de qualidade nutricional dos filés de merluza (*Merluccius hubbsi*) e pescada-branca (*Cynoscion leiachurs*) crus e submetidos nos diferentes tratamentos. Verificou-se que as melhores relações AGP/AGS, AGP/(AGS-AG esteárico) e AGI/AGS foram para os tratamentos EFC e AFC, confirmando os resultados anteriores, já que foram os tratamentos com maior preservação de AGP e AGM.

O aumento na ingestão de AGP em detrimento ao AGS ocasiona redução das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), melhor relação entre as lipoproteínas de alta densidade (HDL) e LDL, redução da relação colesterol total (CT) e HDL, consequentemente reduzindo os riscos das doenças cardiovasculares (JAKOBSEN et al., 2006 & ZELMAN, 2011). Em relação aos AGM, Kalogeropoulos, Andrikopoulos & Hassapidou (2004) demonstraram um efeito benéfico sobre a saúde devido ao aumento do colesterol de HDL.

O aumento da ingestão de AGM e AGP provenientes da dieta, levando em consideração uma diminuição no consumo de AGS, reduz o colesterol total e o LDL-c plasmáticos. Esta redução ocorre por menor produção, maior remoção de LDL-c e/ou alteração na estrutura das LDL-c, diminuindo desta forma o conteúdo de colesterol da partícula. Os ácidos ω 3 diminuem a trigliceridemia plasmática por reduzirem a secreção hepática de VLDL-c, enquanto os AGM reduzem igualmente o colesterol total e LDL-c, sem diminuir o HDL-c e sem provocar oxidação lipídica, além de exercer ação antitrombótica e inibir a agregação plaquetária (LUNN & THEOBALD, 2006).

Os AGS láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) são responsáveis por aumentar as concentrações plasmáticas de colesterol e LDL totais, enquanto estudos demonstraram que o ácido esteárico (C18:0) não apresenta o mesmo efeito (VOLEK & MAROUNEK, 2011). Assim, o aumento observado na relação AGP/(AGS - AG esteárico) é favorável, sendo que os tratamentos EFC e AFC continuaram com a melhor relação diferindo significativamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos nas duas espécies de peixes estudadas.

A relação AGP/AGS não é a mais indicada para avaliar o valor nutricional dos AG na dieta, pois se considera unicamente a estrutura química dos mesmos, equivocando-se em atribuir efeitos hipercolesterolêmicos a todos os AGS, sem levar em

consideração os efeitos hipocolesterolêmicos dos AGM. Assim sendo, a melhor maneira de estimar o perfil destes AG, seria a relação baseadas nos efeitos funcionais dos AG utilizando a razão entre os ácidos HIPO/HIPER (SANTOS-SILVA, BESSA, SANTOS-SILVA, 2002).

O ácido esteárico possui efeito hipocolesterolêmico, sendo conhecido por ser um substrato pobre para triacilglicerois e síntese de éster de colesterol; pois ao contrário dos ácidos láurico, mirístico e palmítico, este ácido geralmente não está associado com o aumento do colesterol. O esteárico é rapidamente convertido em oleico pela enzima estearoil-CoA desaturase (SCD), responsável pelos níveis de regulação hormonal, dietético e fatores fisiológicos (SAMPATH & NTAMBIB, 2005).

O tratamento ENF no filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e filé de pescada (*Cynoscion leiarchus*) aumentou significativamente a relação entre ARA e ω 3EPA ($p < 0,05$), enquanto os demais tratamentos não diferiram ($p > 0,05$) do CRU. Alguns estudos sobre a relação entre ARA e ω 3EPA têm sido de grande interesse para avaliar o IQN sugerindo que à medida que ocorre um aumento da relação de ARA/EPA haverá uma redução do valor nutricional do óleo de peixe, visto que o EPA e ARA têm efeitos opostos em vários mediadores pro-inflamatórios (RUPP et al., 2004; OHNISHI & SAITO, 2013; HOSSEINI et al., 2014; ADAMS et al., 1996; LARSEN, EILERTSEN & ELVEVOLL, 2011).

Os índices EPA/DHA e EPA+DHA também foram analisados. A cocção promoveu uma redução significativa da relação EPA/DHA, com exceção do tratamento AFC, em que houve um aumento ($p < 0,05$) em ambas as espécies de peixes estudadas. Verificou-se que tanto nos filés crus quanto nos filés processados tal relação foi inferior a 1,0, demonstrando que há uma predominância dos teores de DHA sobre os teores de EPA. Em um estudo envolvendo doze espécies de peixe marinho a proporção de EPA/DHA variou de 0,17 a 0,83 (BAYIR et al., 2006), portanto a relação EPA/DHA encontrada para os filés crus de merluza estão condizentes com a literatura. Ozogul, Ozyurt & Boga (2009) ao verificarem o efeito de diferentes métodos de cocção com e sem adição de alecrim em filés de pargo também encontraram maiores teores de DHA nas amostras já que a relação DHA/EPA variou de 0,16 (assado em forno) a 2,27 (frito) nas amostras controle e de 1,85 (frito) a 2,09 (grelhado) nas amostras adicionadas de alecrim.

Em um estudo desenvolvido por Sancho et al., (2011) envolvendo o filé de pescada-branca esta relação no filé cru foi de 0,36 e para o ensopado foi de 0,34,

portanto a relação deste estudo encontram-se condizentes com os dados da literatura. Não existe uma recomendação específica para a relação EPA/DHA, considerando-se que cada um deles possui uma função no organismo. A ingestão destes ácidos auxilia na diminuição dos níveis de triacilgliceróis e LDL, enquanto pode favorecer o aumento de HDL. Além disso, possuem importante papel nos processos alergênicos e processos inflamatórios, pois são necessários para a formação das prostaglandinas inflamatórias, tromboxanos e leucotrienos (KRIS-ETHERTON, GRIEGER & ETHERTON, 2009).

Estes ω 3AGP têm eficácia anti-aterosclerótica, redução da pressão sanguínea, além de controlar a síntese dos eicosanóides, sendo indispensável para a saúde humana (SIMOPOULOS, 2001; GEBAUER et al., 2006). Particularmente o DHA tem papel importante na formação, desenvolvimento e funcionamento do cérebro e da retina, além disso, tem importante papel no desenvolvimento fetal e infantil durante a gravidez e a amamentação (KRIS-ETHERTON, GRIEGER & ETHERTON, 2009).

Com o tratamento térmico, o índice nutricional EPA+DHA, reduziu significativamente ($p < 0,05$). Os tratamentos EFC e AFC não diferiram ($p > 0,05$) entre si e apresentaram os maiores valores deste índice. Os teores encontrados de EPA+DHA estudados por Saldanha & Bragagnolo (2010) em filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) cru e grelhado em base seca, foram aproximadamente iguais a $2,30 \pm 0,3$ e $1,63 \pm 0,3$, resultados semelhantes aos observados neste trabalho.

Para o filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*), o índice nutricional EPA+DHA, reduziu significativamente ($p < 0,05$). Os tratamentos EFC e AFC diferiram ($p < 0,05$) entre si e apresentaram os maiores valores deste índice. Os teores encontrados de EPA+DHA estudados por Sancho et al., (2011) em filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) cru e ensopado em base seca, foram aproximadamente iguais a 1,9 e 1,6, resultados semelhantes aos observados neste trabalho.

Baseada nas recomendações da FAO (2010), uma ingestão de 0,3 a 0,5 g/dia para uma dieta de 2000 kcal é considerada ideal para os ácidos EPA+DHA, porém não existem até o momento evidências suficientes para as recomendações de forma separada para cada um desses AG.

Resultados e discussão

Tabela 16. Valores médios e desvios-padrão dos IQN dos AG (g 100 g⁻¹) em base seca do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e de pescada-branca (*Cynoscion leiachurs*) cru e nos diferentes métodos de preparo.

IQN	Métodos															
	CRU		GRE		AFE		MIC		ENF		GFC		EFC		AFC	
	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada	Merluza	Pescada
AGP/AGS	0,999 ^c ±0,055	1,667 ^d ±0,052	0,493 ^f ±0,033	0,7043 ^g ±0,012	0,667 ^d ±0,074	0,870 ^f ±0,022	0,779 ^d ±0,069	1,137 ^e ±0,010	1,420 ^b ±0,173	2,014 ^c ±0,049	1,123 ^c ±0,218	1,821 ^d ±0,090	2,567 ^a ±0,159	4,140 ^a ±0,087	2,597 ^a ±0,176	3,895 ^b ±0,196
AGP/(AGS-AG C18:0)	1,148 ^{cd} ±0,068	2,188 ^c ±0,082	0,564 ^f ±0,036	0,909 ^e ±0,012	0,763 ^{ef} ±0,081	1,119 ^e ±0,039	0,948 ^{de} ±0,082	1,603 ^d ±0,017	1,672 ^b ±0,207	2,509 ^b ±0,092	1,238 ^c ±0,260	2,218 ^c ±0,119	2,856 ^a ±0,175	4,994 ^a ±0,125	2,985 ^a ±0,244	4,876 ^a ±0,259
ω6/ω3	0,266 ^a ±0,030	0,319 ^a ±0,011	0,153 ^b ±0,024	0,126 ^d ±0,001	0,175 ^b ±0,026	0,142 ^d ±0,007	0,089 ^{cx} ±0,013	0,077 ^{ex} ±0,001	0,168 ^{bx} ±0,033	0,18 ^{cx} ±0,004	0,104 ^c ±0,018	0,081 ^e ±0,002	0,238 ^a ±0,040	0,273 ^b ±0,005	0,252 ^a ±0,025	0,303 ^a ±0,018
EPA/DHA	0,327 ^{bx} ±0,021	0,347 ^{cx} ±0,018	0,102 ^{dx} ±0,019	0,116 ^{ex} ±0,002	0,179 ^c ±0,024	0,207 ^d ±0,008	0,070 ^{dex} ±0,009	0,078 ^{fx} ±0,001	0,039 ^{ex} ±0,005	0,044 ^{gx} ±0,001	0,076 ^{dx} ±0,010	0,081 ^{fx} ±0,003	0,345 ^b ±0,041	0,428 ^b ±0,027	0,432 ^a ±0,052	0,488 ^a ±0,041
EPA+DHA	3,028 ^a ±0,119	2,188 ^a ±0,075	1,309 ^d ±0,131	0,948 ^f ±0,035	1,483 ^d ±0,162	1,083 ^{ef} ±0,048	1,500 ^d ±0,171	1,062 ^{ef} ±0,036	1,799 ^c ±0,257	1,321 ^d ±0,006	1,773 ^c ±0,250	1,262 ^{de} ±0,045	2,662 ^b ±0,274	1,963 ^b ±0,035	2,464 ^b ±0,242	1,732 ^c ±0,015
ARA/EPA	0,316 ^{bx} ±0,113	0,498 ^{bcx} ±0,006	0,487 ^b ±0,178	0,705 ^b ±0,016	0,219 ^{bx} ±0,076	0,381 ^{cx} ±0,026	0,335 ^{bx} ±0,115	0,045 ^{bcx} ±0,025	1,835 ^a ±0,707	2,568 ^a ±0,125	0,306 ^{bx} ±0,107	0,415 ^{cx} ±0,020	0,295 ^{bx} ±0,109	0,402 ^{cx} ±0,011	0,254 ^{bx} ±0,090	0,398 ^{cx} ±0,019
AGI/AGS	1,784 ^{cd} ±0,109	5,104 ^d ±0,126	0,703 ^f ±0,052	1,892 ^g ±0,036	1,256 ^{de} ±0,153	2,217 ^f ±0,066	1,063 ^e ±0,051	2,576 ^e ±0,028	2,052 ^c ±0,184	7,456 ^c ±0,177	1,519 ^{de} ±0,268	5,250 ^d ±0,211	4,518 ^b ±0,208	12,489 ^b ±0,159	4,894 ^a ±0,420	12,861 ^a ±0,387
IA	0,663 ^c ±0,041	0,182 ^c ±0,008	1,616 ^a ±0,107	0,474 ^a ±0,009	0,685 ^c ±0,086	0,336 ^b ±0,020	1,090 ^b ±0,053	0,332 ^b ±0,004	0,438 ^d ±0,040	0,103 ^{de} ±0,004	0,617 ^c ±0,141	0,145 ^{cd} ±0,007	0,196 ^e ±0,009	0,061 ^e ±0,001	0,187 ^e ±0,022	0,060 ^e ±0,002
IT	0,229 ^b ±0,019	0,120 ^a ±0,004	0,254 ^a ±0,024	0,120 ^a ±0,002	0,208 ^c ±0,021	0,111 ^a ±0,006	0,112 ^d ±0,013	0,053 ^b ±0,001	0,107 ^d ±0,014	0,058 ^{bc} ±0,002	0,099 ^{de} ±0,027	0,037 ^{bc} ±0,002	0,080 ^{ef} ±0,006	0,042 ^{bc} ±0,001	0,076 ^f ±0,007	0,045 ^c ±0,002
HIPO/HIPER	1,664 ^{de} ±0,113	6,112 ^e ±0,280	0,817 ^f ±0,066	2,679 ^h ±0,047	1,305 ^e ±0,159	3,259 ^g ±0,223	1,403 ^{de} ±0,069	4,232 ^f ±0,070	2,552 ^c ±0,246	9,921 ^c ±0,392	1,820 ^d ±0,425	7,280 ^d ±0,391	4,232 ^b ±0,244	14,068 ^b ±0,220	4,855 ^a ±0,586	14,820 ^a ±0,508

IQN = Índice de Qualidade Nutricional; AGP/AGS = razão Σpoli-insaturados e Σsaturados; AGP/(AGS-AG Esteárico) = razão Σpoli-insaturados e Σsaturados –ácido esteárico; ω6/ω3 = razão do Σω6/Σ3; EPA/DHA= ácidos eicosapentaenoico e docosahexaenoico; EPA+DHA = Σ ácidos eicosapentaenoico e docosahexaenoico; ARA/EPA = razão entre os ácidos araquidônico e docosahexaenoico; AGI/AGS = razão Σácidos insaturados e Σ ácidos saturados (FAO, 2010). AG: ácido graxo; AGS, AGM e AGP: ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados, respectivamente (g 100g⁻¹ de alimento); CRU (Peixe Cru); GRE (Grelhado); AFE (Assado em Forno Elétrico); MIC (Micro-ondas); ENF (Ensopado em Fogão Convencional); GFC (Grelhado Forno Combinado); EFC (Ensopado Forno Combinado); AFC (Assado Forno Combinado); EPA: ácido eicosapentaenoico; DHA: ácido docosahexaenoico; Média ± desvio padrão (n = 9) indicada por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna e mesma letra maiúscula entre as colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na relação $\omega 6/\omega 3$ os tratamentos EFC e AFC do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) não diferiram significativamente ($p > 0,05$) do CRU, apresentando uma maior relação, isso porque foram os tratamentos que melhor preservaram os AG. As menores relações foram para os tratamentos MIC e GFC que não diferiram entre si ($p > 0,05$). No tratamento MIC, esta relação também não diferiu ($p > 0,05$) entre as espécies de peixes estudadas. No filé de pescada (*Cynoscion leiachurs*), a relação $\omega 6/\omega 3$ para o tratamento AFC, não diferiu significativamente ($p > 0,05$) do CRU, apresentando uma maior relação, isso porque foi um dos tratamentos que melhor preservou os AG. As menores relações foram para os tratamentos MIC e GFC que não diferiram entre si ($p > 0,05$).

Contrariamente, García-Arias et al., (2003^b) não encontraram diferenças significativas ($p < 0,05$) da relação $\omega 6/\omega 3$ em filés crus de sardinha comparados aos métodos grelhado e assado em forno convencional. De acordo com a FAO (2010), vários estudos demonstraram que uma alta relação $\omega 6/\omega 3$ está associada a um aumento do risco de câncer colorretal, de próstata e de mama. Contudo, já que o risco associado com $\omega 6$ não foi comprovado, pode-se concluir que uma baixa ingestão de $\omega 3$ é o principal responsável pela observação.

Esta relação tem grande importância sobre a produção de AGPI $\omega 3$, sendo que razões elevadas resultam na diminuição da produção do EPA, condição que contribui para o desenvolvimento de doenças alérgicas, inflamatórias e cardiovasculares. Atualmente, as diretrizes nutricionais têm focado sobre a importância de se estimar a razão $\omega 6/\omega 3$ na dieta da população. Porém, de acordo com FAO (2010) a ingestão de quantidades absolutas de EPA e DHA representa melhor o consumo recomendado do que a relação $\omega 6/\omega 3$, se a ingestão dos AG $\omega 6$ e AG $\omega 3$ encontram-se dentro da recomendação estabelecida, não existe recomendação de uma proporção ideal para esses ácidos.

5.5.1 Índices de aterogenicidade, índices de trombogenicidade e a razão entre os ácidos graxos polinsaturados hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmico do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) cru e nos diferentes métodos de preparo.

Registra-se na Figura 16 a relação analisada entre os IA e IT e a razão entre os ácidos HIPO/HIPER no filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) cru e preparados por

diferentes métodos de cocção, em base seca. Nota-se que à medida que ocorre um aumento dos valores da razão entre HIPO/HIPER ocorre uma diminuição dos valores de IA e IT.

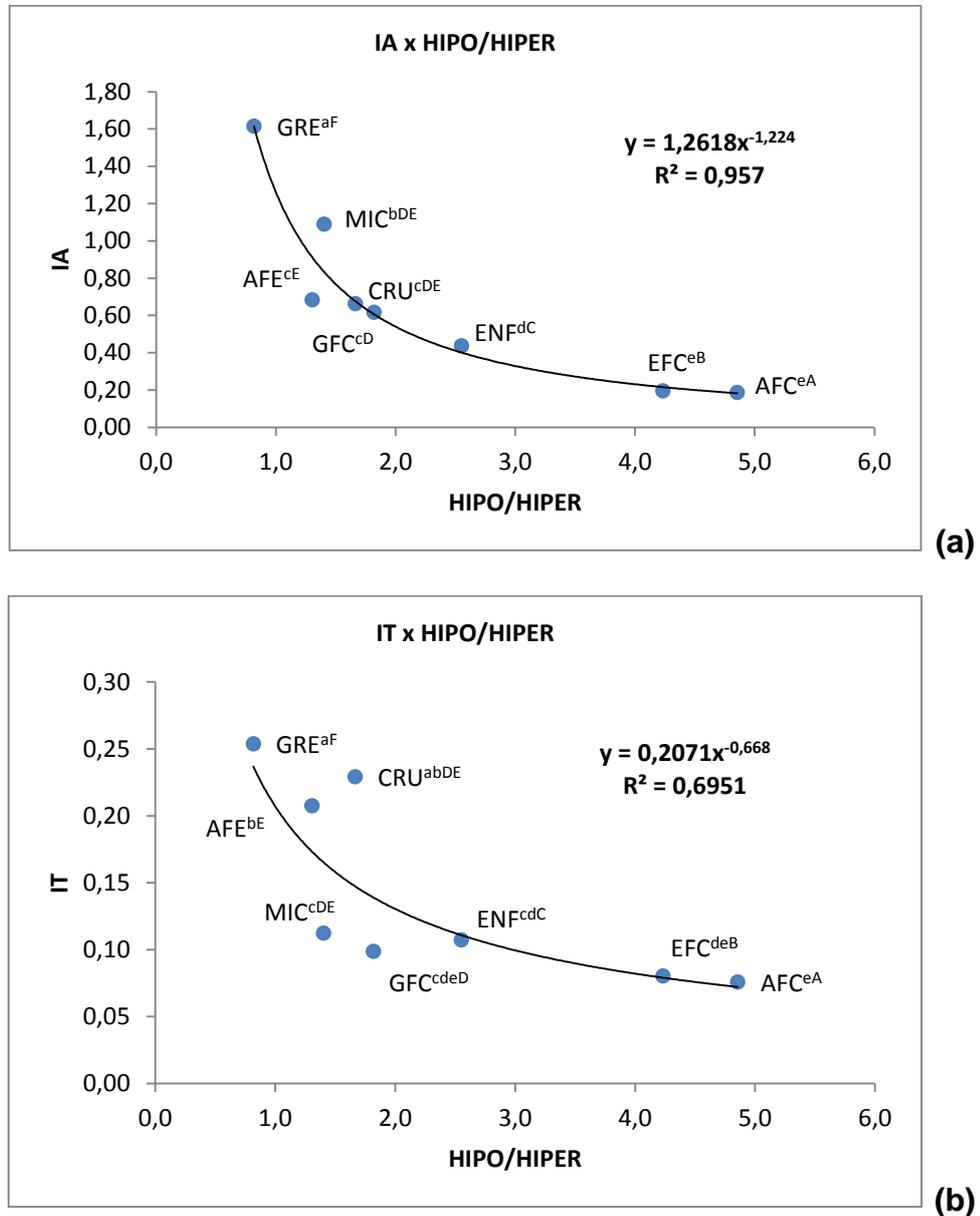


Figura 16. Relação entre os índices de aterogenicidade e a razão entre os ácidos graxos polinsaturados hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmico (a) e relação entre os índices de trombogenicidade e a razão entre os ácidos graxos polinsaturados hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmico (b) nos diferentes tratamentos aplicados aos filés de merluza; CRU (peixe cru); GRE (peixe grelhado); AFE (peixe assado em forno elétrico); MIC (peixe cozido em forno micro-ondas); ENF (peixe ensopado em fogão convencional); GFC (peixe grelhado forno combinado); EFC (peixe ensopado forno combinado); AFC (peixe assado forno combinado); média de amostras analisadas em triplicata com desvio-padrão entre parênteses; Médias indicadas por uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

As razões HIPO/HIPER foram melhores para os métodos AFC (4,78) e EFC (4,23), os quais diferiram do CRU ($p < 0,05$), ou seja, valores acima do recomendado por Santos-Silva, Bessa & Santos-Silva (2002) que é igual a 2,0. Esta relação é a melhor maneira de estimar o perfil dos AG, pois não considera unicamente a estrutura química dos AG, desta forma, não atribui os efeitos hipercolesterolêmicos a todos os AGS e considera ainda, os efeitos hipocolesterolêmicos dos AGM. Quanto maior a razão HIPO/HIPER, mais desejável sob o aspecto nutricional, indicando que o alimento possui AG hipocolesterolêmicos e, conseqüentemente, reduz o risco de DCV (SANTOS-SILVA, BESSA & SANTOS-SILVA, 2002).

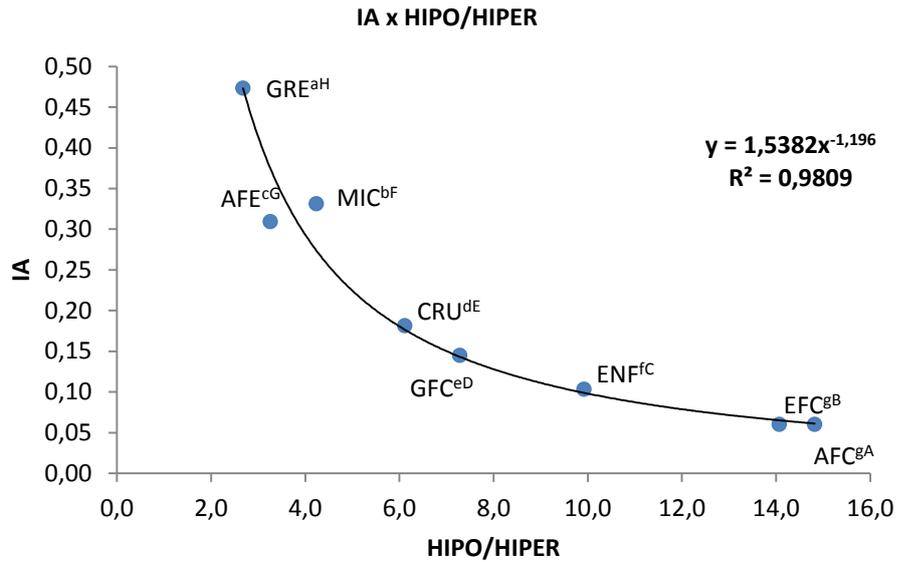
Para os índices IA e IT, notou-se que os maiores valores foram para o tratamento GRE, não diferindo significativamente do CRU ($p > 0,05$). Quanto maiores os valores de IA e IT menor é a quantidade de AG anti-aterogênicos presentes e, portanto, menor é o potencial de prevenção ao aparecimento de doenças coronarianas (ULBRICHTH & SOUTHGATE, 1991; TURAN, SÖNMEZ & KAYA, 2007).

5.5.2 Índices de aterogenicidade, índices de trombogenicidade e a razão entre os ácidos graxos polinsaturados hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmico do filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) cru e nos diferentes métodos de preparo.

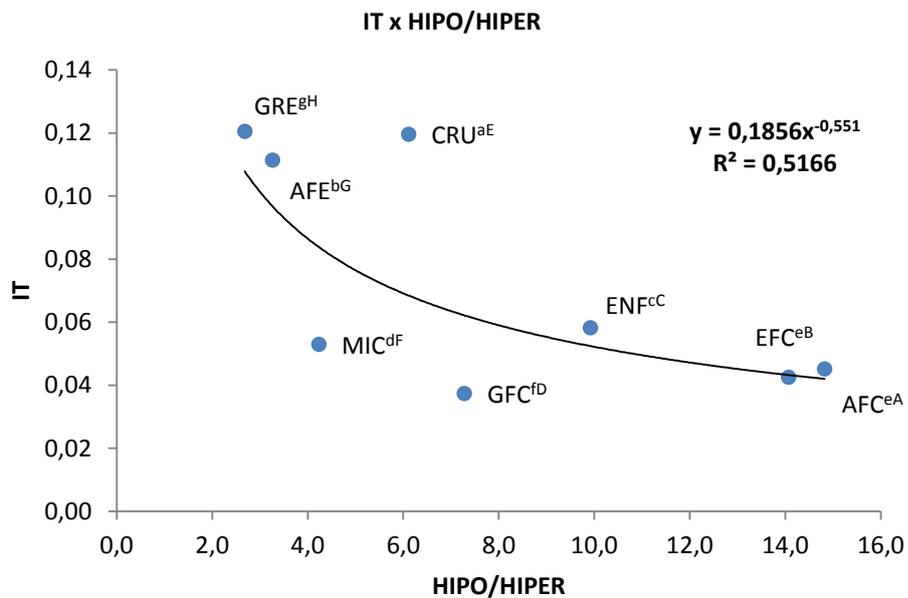
Nota-se que à medida que ocorre um aumento dos valores da razão entre HIPO/HIPER ocorre uma diminuição dos valores de IA e IT (Figura 17) no filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) cru e preparados por diferentes métodos de cocção, em base seca.

O tratamento GRE apresentou os maiores índices de IA diferindo significativamente do CRU ($p < 0,05$), Para os índices de IT os maiores índices foram para os tratamentos CRU e GRE não diferindo entre si ($p > 0,05$). Estes índices (IA e IT) indicam o potencial de estímulo à agregação plaquetária (ULBRICHTH & SOUTHGATE, 1991; TURAN, SÖNMEZ & KAYA, 2007).

As razões HIPO/HIPER foram melhores para os métodos EFC (14,8) e AFC (14,1), os quais diferiram do CRU ($p < 0,05$), ou seja, valores acima do recomendado que é igual a 2,0.



(a)



(b)

Figura 17. Relação entre os índices de aterogenicidade e a razão entre os ácidos graxos polinsaturados hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmico (a) e relação entre os índices de trombogenicidade e a razão entre os ácidos graxos polinsaturados hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmico (b) nos diferentes tratamentos aplicados aos filés de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*); CRU (peixe cru); GRE (peixe grelhado); AFE (peixe assado em forno elétrico); MIC (peixe cozido em forno micro-ondas); ENF (peixe ensopado em fogão convencional); GFC (peixe grelhado forno combinado); EFC (peixe ensopado forno combinado); AFC (peixe assado forno combinado); média de amostras analisadas em triplicata com desvio-padrão entre parênteses; Médias indicadas por uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.6. ANÁLISE MULTIVARIADA DO FILÉ DE MERLUZA (*Merluccius hubbsi*) E FILÉ DE PESCADA-BRANCA (*Cynoscion leiarchus*)

Quando se ajusta um conjunto de dados a um modelo empírico, é comum estimar formas funcionais diferentes para descrever esses dados e a determinação da melhor equação surge da análise dos próprios resultados (AGUIRRE, 1997). No presente trabalho, para reduzir na análise multivariada efeitos de heterogeneidade da variância e de desvios da normalidade, os dados foram transformados empregando-se o algoritmo de Box-Cox (BOX & COX, 1964). Assim, considerou-se neste estudo que λ assumia valores entre -2 a 2, com o intuito de encontrar uma transformação que pudesse reduzir essas perturbações e maximizasse a discriminação dos tratamentos a um número mínimo de componentes.

5.6.1 Análise de componentes principais do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e do filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*)

Estão representadas na Figura 18 e Figura 19 as variações do total dos três primeiros componentes na análise discriminante dos dados transformados do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e do filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) respectivamente. Percebe-se que maior discriminação é observada para lambda igual a zero, isto é, para a transformação $\ln(x)$. Esses resultados podem ser confirmados nas Figuras 20 e 21 que representa a variância total observada na análise multivariada para modelo linear geral do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e do filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) respectivamente.

Os dados foram também padronizados e centrados na média, sendo, portanto, convertidos em valores de z antes da análise fatorial. Esta transformação teve a finalidade de corrigir possíveis diferenças entre as escalas de medidas das variáveis e dar importância relativa à variabilidade das variáveis estudadas, proporcionando a formação dos componentes principais com base nas variáveis de maior variabilidade relativa.

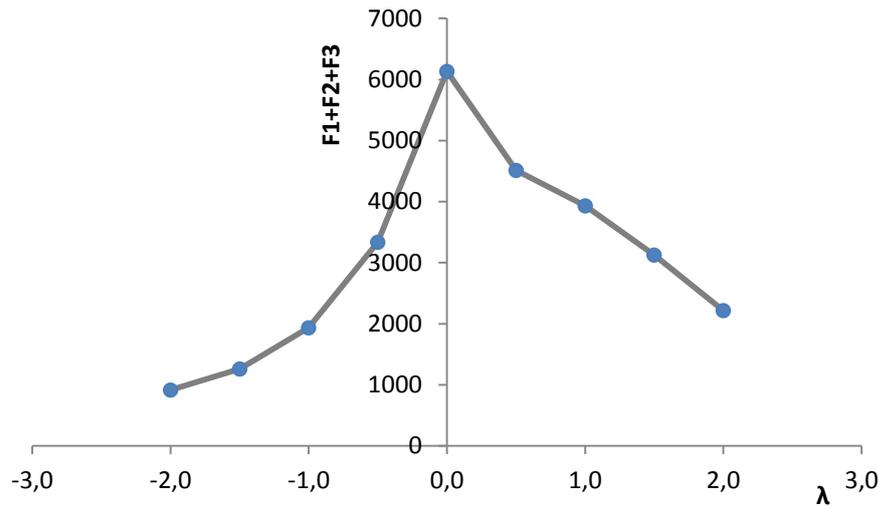


Figura 18. Efeito de lambda sobre o total dos três primeiros autovalores da análise discriminante de dados transformados pelo algoritmo de Box-Cox, para 26 AG em filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) preparado por 7 diferentes métodos de cocção.

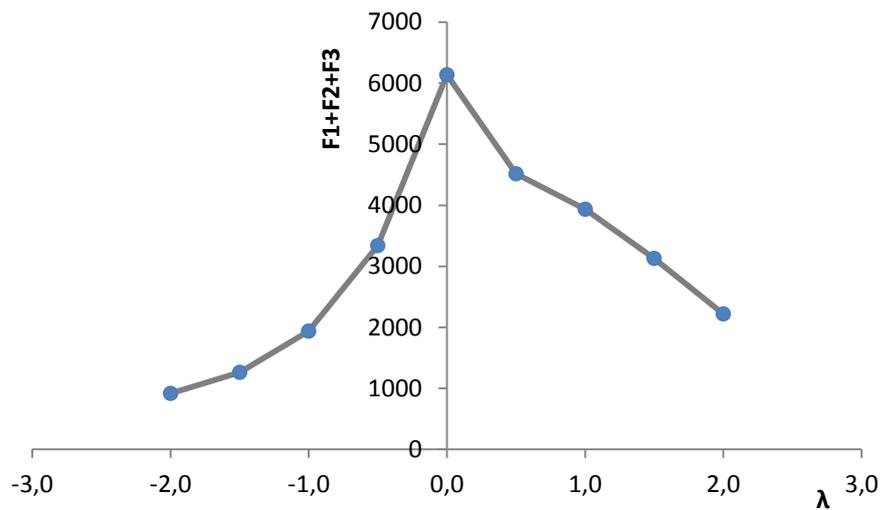


Figura 19. Efeito de lambda sobre o total dos três primeiros autovalores da análise discriminante de dados transformados pelo algoritmo de Box-Cox, para 26 AG em filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) preparado por 7 diferentes métodos de cocção.

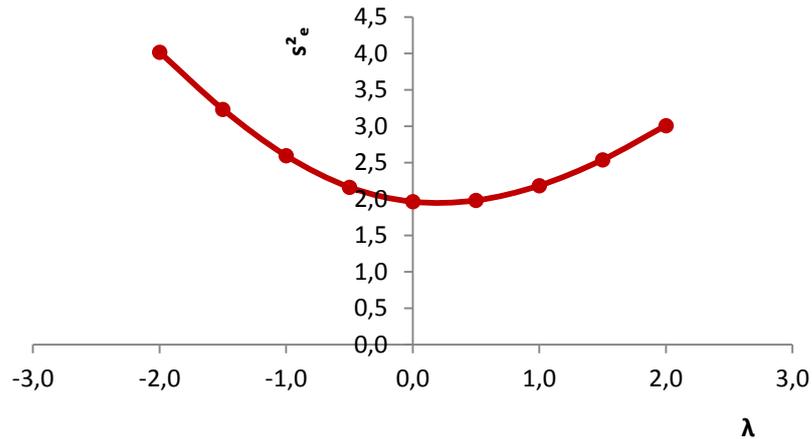


Figura 20. Efeito de lambda sobre a variância total da análise multivariada para modelo linear geral de dados transformados pelo algoritmo de Box-Cox, para 26 AG em filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) preparado por 7 diferentes métodos de cocção.

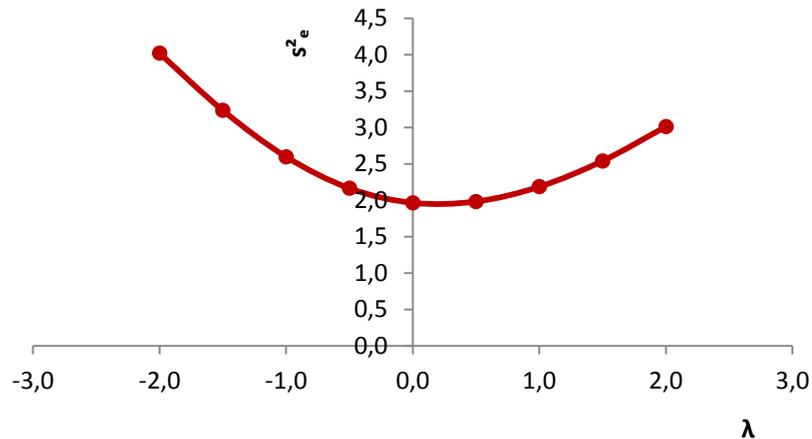


Figura 21. Efeito de lambda sobre a variância total da análise multivariada para modelo linear geral de dados transformados pelo algoritmo de Box-Cox, para 26 AG em filé de pescada-branca (*Cynoscyon leiarchurs*) preparado por 7 diferentes métodos de cocção.

Observa-se nas Tabela 17 e Tabela 18 que a transformação dos dados corrigiu a assimetria da distribuição para 24 dos 26 AG estudados no filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e 20 do 26 AG estudados para o filé de pescada (*Cynoscyon leiarchurs*) respectivamente, mas não foi capaz de corrigir completamente o desvio de normalidade dessas distribuições. Entretanto, na maioria dos casos, a transformação aumentou o coeficiente de correlação de Ryan-Joiner (RYAN & JOINER, 1976), indicando redução do desvio da distribuição normal dessas destruições para a variável transformada.

Tabela 17. Características de assimetria e normalidade da distribuição dos dados brutos e transformados para 26 AG em filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) preparado por 7 diferentes métodos de cocção.

AG	Dados brutos					ln (x)				
	Assimetria	z	p	R	p	Assimetria	z	p	R	p
C12:0	0,3198	1,108	0,268	0,979	0,030	-0,6458	-2,237	0,025	0,965	< 0,010
C15:0	0,5729	1,984	0,047	0,976	0,013	0,0367	0,127	0,899	0,984	0,075
C14:0	0,9367	3,245	0,001	0,880	< 0,010	0,4746	1,644	0,100	0,917	< 0,010
C23:0	0,1836	0,636	0,525	0,978	0,022	-0,3560	-1,233	0,217	0,976	0,013
C17:0	0,3847	1,333	0,183	0,950	< 0,010	-0,0420	-0,145	0,884	0,963	< 0,010
C20:0	0,1493	0,517	0,605	0,952	< 0,010	-0,1009	-0,350	0,727	0,950	< 0,010
C16:0	0,5895	2,042	0,041	0,947	< 0,010	0,1728	0,599	0,549	0,970	< 0,010
C22:0	0,9557	3,311	0,001	0,952	< 0,010	0,1538	0,533	0,594	0,992	> 0,100
C18:0	0,3578	1,239	0,215	0,961	< 0,010	-0,0771	-0,267	0,789	0,965	< 0,010
C18:1n9t	0,7879	2,729	0,006	0,968	< 0,010	0,1608	0,557	0,577	0,992	> 0,100
C24:1n6	0,8546	2,960	0,003	0,925	< 0,010	0,2057	0,713	0,476	0,963	< 0,010
C16:1n7	0,5418	1,877	0,061	0,884	< 0,010	0,1228	0,425	0,671	0,923	< 0,010
C17:1n7	0,6844	2,371	0,018	0,914	< 0,010	0,2901	1,005	0,315	0,935	< 0,010
C15:1	1,0884	3,770	0,000	0,952	< 0,010	0,2661	0,922	0,357	0,990	> 0,100
C20:1n9	0,4594	1,591	0,112	0,901	< 0,010	-0,0881	-0,305	0,760	0,933	< 0,010
C14:1n9	0,4229	1,465	0,143	0,930	< 0,010	-0,0010	-0,004	0,997	0,949	< 0,010
C18:1n9	-0,0509	-0,176	0,860	0,946	< 0,010	-0,2743	-0,950	0,342	0,942	< 0,010
C20:2n6	0,1567	0,543	0,587	0,977	0,017	-0,1565	-0,542	0,588	0,978	0,022
C20:3n6	1,9742	6,839	0,000	0,824	< 0,010	1,0191	3,530	0,000	0,945	< 0,010
C20:3n3	0,7886	2,732	0,006	0,931	< 0,010	0,2093	0,725	0,469	0,973	< 0,010
C18:2n6	-0,0782	-0,271	0,786	0,977	0,017	-0,5626	-1,949	0,051	0,966	< 0,010
C22:2n6	0,7036	2,437	0,015	0,881	< 0,010	0,3463	1,199	0,230	0,907	< 0,010
C20:4n6	0,3776	1,308	0,191	0,924	< 0,010	0,0151	0,052	0,958	0,935	< 0,010
C22:6n3	0,2735	0,947	0,343	0,984	0,062	-0,0665	-0,230	0,818	0,987	> 0,100
C20:5n3	0,4956	1,717	0,086	0,871	< 0,010	0,2002	0,694	0,488	0,921	< 0,010
C18:3n6	0,5666	1,963	0,050	0,883	< 0,010	0,2811	0,974	0,330	0,924	< 0,010

R: Coeficiente de correlação de Ryan-Joiner

Tabela 18. Características de assimetria e normalidade da distribuição dos dados brutos e transformados para 26 AG em filé de pescada-branca (*Cynoscyon leiarchurs*) preparado por 7 diferentes métodos de cocção,

AG	Dados brutos					ln (x)				
	Assimetria	z	p	R	p	Assimetria	z	p	R	p
C12:0	0,2025	0,702	0,483	0,971	<0,010	-0,6305	-2,184	0,029	0,952	<0,010
C15:0	0,9565	3,314	0,001	0,879	<0,010	0,4732	1,639	0,101	0,917	<0,010
C14:0	0,3788	1,312	0,189	0,983	0,050	-0,1633	-0,566	0,572	0,989	>0,100
C23:0	0,4810	1,666	0,096	0,887	<0,010	0,3596	1,246	0,213	0,907	<0,010
C17:0	0,2030	0,703	0,482	0,942	<0,010	-0,1867	-0,647	0,518	0,950	<0,010
C20:0	0,2703	0,936	0,349	0,930	<0,010	0,0013	0,004	0,996	0,931	<0,010
C16:0	0,0108	0,037	0,970	0,956	<0,010	-0,2860	-0,991	0,322	0,950	<0,010
C22:0	0,5536	1,918	0,055	0,950	<0,010	0,1367	0,474	0,636	0,965	<0,010
C18:0	0,1388	0,481	0,631	0,969	<0,010	-0,3344	-1,158	0,247	0,966	<0,010
C18:1n9t	0,3646	1,263	0,207	0,923	<0,010	0,0533	0,185	0,853	0,918	<0,010
C24:1n6	0,7435	2,576	0,010	0,943	<0,010	0,2397	0,830	0,406	0,963	<0,010
C16:1n7	0,4902	1,698	0,089	0,882	<0,010	0,0404	0,140	0,889	0,926	<0,010
C17:1n7	0,4822	1,670	0,095	0,895	<0,010	0,2423	0,839	0,401	0,913	<0,010
C15:1	-0,0376	-0,130	0,896	0,939	<0,010	-0,2786	-0,965	0,335	0,937	<0,010
C20:1n9	1,0299	3,568	0,000	0,937	<0,010	0,4553	1,577	0,115	0,970	<0,010
C14:1n9	0,3778	1,309	0,191	0,876	<0,010	-0,0642	-0,223	0,824	0,901	<0,010
C18:1n9	0,9383	3,250	0,001	0,898	<0,010	0,3996	1,384	0,166	0,946	<0,010
C20:2n6	0,2503	0,867	0,386	0,976	0,012	-0,6682	-2,315	0,021	0,962	<0,010
C20:3n6	0,5848	2,026	0,043	0,879	<0,010	0,2775	0,961	0,336	0,916	<0,010
C20:3n3	0,4584	1,588	0,112	0,953	<0,010	0,1752	0,607	0,544	0,962	<0,010
C18:2n6	1,0419	3,609	0,000	0,918	<0,010	0,3627	1,256	0,209	0,966	<0,010
C22:2n6	2,0206	7,000	0,000	0,798	<0,010	1,1106	3,847	0,000	0,926	<0,010
C20:4n6	0,3256	1,128	0,259	0,925	<0,010	-0,1123	-0,389	0,697	0,937	<0,010
C22:6n3	0,4702	1,629	0,103	0,862	<0,010	0,2150	0,745	0,456	0,908	<0,010
C20:5n3	0,7635	2,645	0,008	0,880	<0,010	0,3407	1,180	0,238	0,909	<0,010
C18:3n6	0,4571	1,583	0,113	0,977	0,020	0,1146	0,397	0,691	0,984	0,068

R: Coeficiente de correlação de Ryan-Joiner

Após a transformação dos dados foram realizadas as pontuações da análise de componentes principais, representadas nas Figuras 22a e 22b e 23a e 23b no filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e no filé de pescada (*Cynoscyon leiarchurs*), respectivamente.

Para o filé de merluza (*Merluccius hubbsi*), a primeira componente principal corresponde a 50,4%, a segunda 24,7% e a terceira a 7,8%, resultando no valor acumulado de 75,1% e 82,9% respectivamente, o que permite concluir que as duas

Resultados e discussão

primeiras componentes principais explicam, praticamente, quase a totalidade da variabilidade dos 26 componentes iniciais deste estudo.

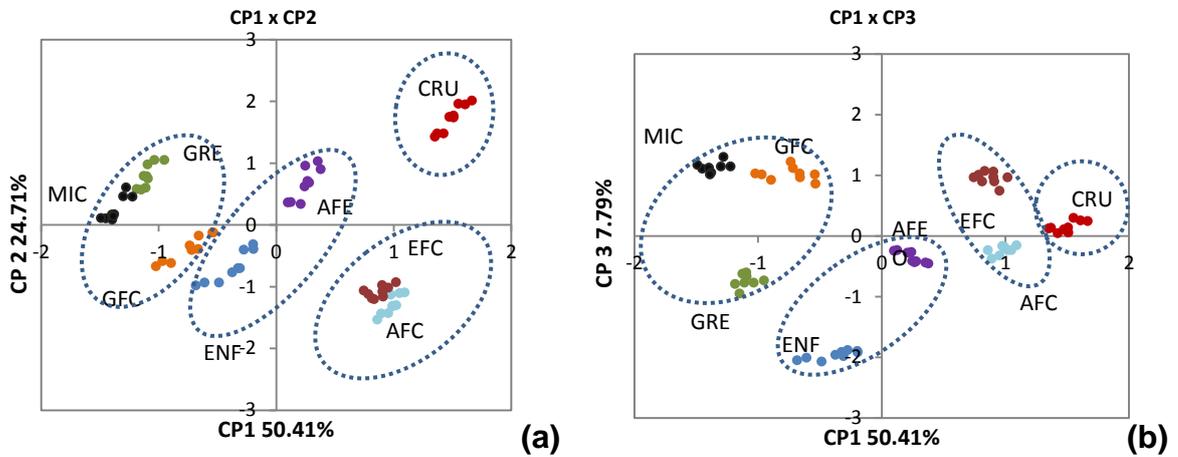


Figura 22. Análise de Componentes Principais das pontuações dos três primeiros componentes principais baseados no perfil de AG das amostras de filé de merluza (*Merluccius hubbsi*), CP1 vs CP2 (a) e CP1 vs CP3 (b); CRU (peixe cru); GRE (peixe grelhado); AFE (peixe assado em forno elétrico); MIC (peixe cozido em forno micro-ondas); ENF (peixe ensopado em fogão convencional); GFC (peixe grelhado forno combinado); EFC (peixe ensopado forno combinado); AFC (peixe assado forno combinado).

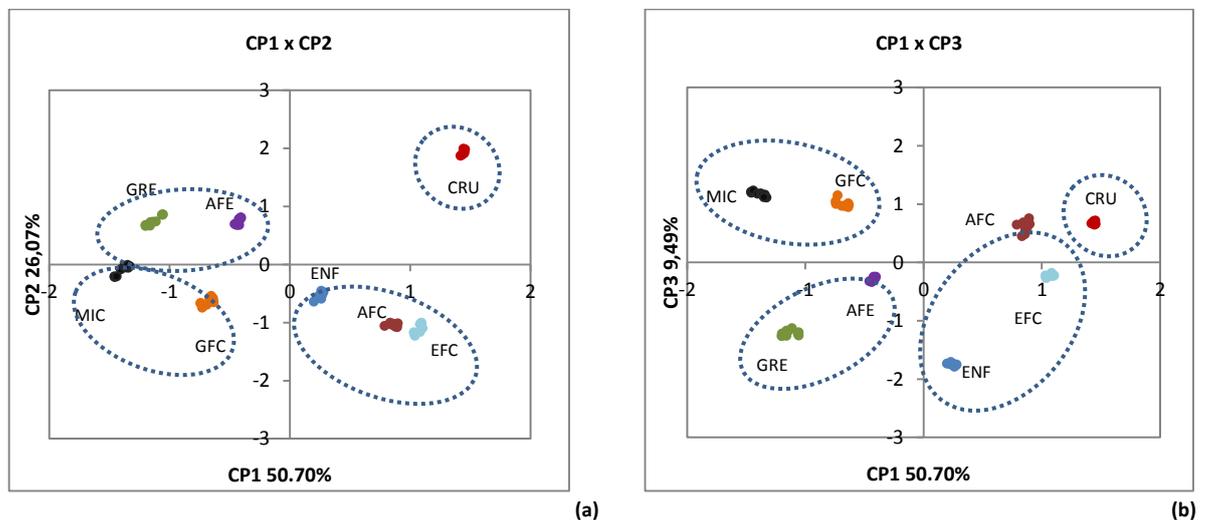


Figura 23. Análise de Componentes Principais das pontuações dos três primeiros componentes principais baseados no perfil de AG das amostras de filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*), CP1 vs CP2 (a) e CP1 vs CP3 (b), CRU (peixe cru); GRE (peixe grelhado); AFE (peixe assado em forno elétrico); MIC (peixe cozido em forno micro-ondas); ENF (peixe ensopado em fogão convencional); GFC (peixe grelhado forno combinado); EFC (peixe ensopado forno combinado); AFC (peixe assado forno combinado).

Para o filé de pescada (*Cynoscion leiarchus*) a primeira componente principal corresponde a 50,7%, a segunda 26,1% e a terceira a 9,5%, resultando no valor acumulado de 76,8% e 60,2% respectivamente, o que permite concluir que as duas primeiras componentes principais explicam, praticamente, quase a totalidade da variabilidade dos 26 componentes iniciais deste estudo.

Percebe-se que os perfis de AG dos filés resultaram das diferentes condições dos tratamentos térmicos, como tempo e temperatura de cocção. Este estudo foi compatível com os resultados de KUPCEWICZ, STANEK & JANICKI (2011), os quais demonstraram que as alterações nos AG dos peixe foram proporcionadas pelas diferentes condições de alimentação e de oxigênio de seus reservatórios.

5.6.2. Análise de agrupamentos hierárquicos de filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e do filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*)

Na análise de agrupamentos hierárquicos (Figura 24 e Figura 25), do filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) e do filé de pescada (*Cynoscion leiarchus*) respectivamente.

Foi possível observar para filé de merluza (*Merluccius hubbsi*) a formação de quatro agrupamentos, um grupo formado pelas variáveis no tratamento EFC e AFC, outro formado pelos tratamentos AFE, ENF e GFC, um formado pelos tratamentos GRE e MIC e por último o grupo formado pelo CRU.

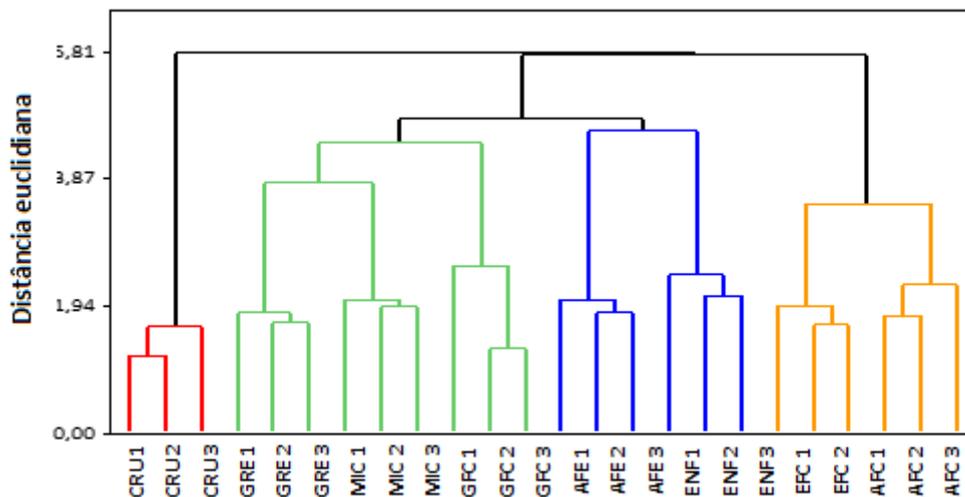


Figura 24. Análise de agrupamento hierárquico dos tratamentos de cocção por níveis de distância pelo método das distâncias euclidianas de filé de merluza (*Merluccius hubbsi*); CRU (peixe cru); GRE (peixe grelhado); AFE (peixe assado em forno elétrico); MIC (peixe cozido em forno micro-ondas); ENF (peixe

Resultados e discussão

ensopado em fogão convencional); GFC (peixe grelhado forno combinado); EFC (peixe ensopado forno combinado); AFC (peixe assado forno combinado).

Para o filé de pescada a formação de quatro agrupamentos, um grupo formado pelas variáveis no tratamento EFC e AFC, outro formado pelos tratamentos MIC e GFC, um formado pelos tratamentos GRE e AFE e por último o grupo formado pelo CRU.

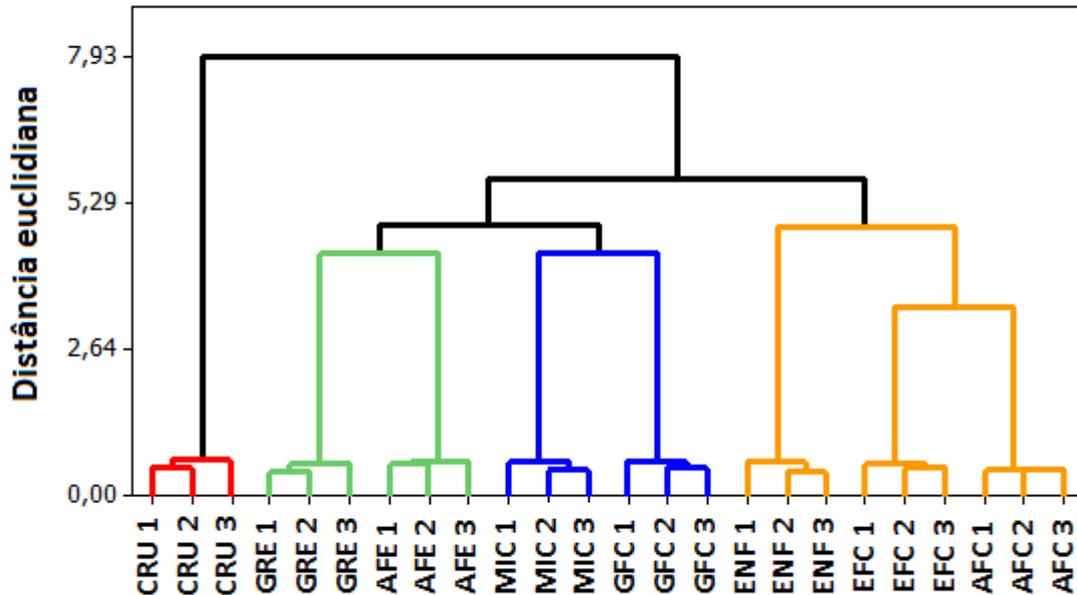


Figura 25. Análise de agrupamento hierárquico dos tratamentos de cocção de filé de pescada-branca (*Cynoscion leiarchus*) por níveis de distância pelo método das distâncias euclidianas; CRU (peixe cru); GRE (peixe grelhado); AFE (peixe assado em forno elétrico); MIC (peixe cozido em forno micro-ondas); ENF (peixe ensopado em fogão convencional); GFC (peixe grelhado forno combinado); EFC (peixe ensopado forno combinado); AFC (peixe assado forno combinado),

As tendências observadas nos dendrogramas obtidos na análise de agrupamento hierárquica foram confirmadas na análise de componentes principais da proporção dos 26 AG identificados nos filés nos diferentes tratamentos térmicos, em que ambas as análises de CP1 vs CP2 e CP1 vs CP3 seguiram o mesmo comportamento.

6. CONCLUSÃO

A frequência de utilização de peixes em serviços de alimentação é bastante irrelevante e o seu consumo está muito aquém do que é preconizado FAO (2010), Em virtude de o peixe ser considerado um alimento saudável e ao mesmo tempo funcional o seu consumo deve ser estimulado.

Este estudo demonstrou que os métodos de cocção do filé de merluza e de pescada promoveram uma redução de todos os ácidos graxos identificados.

Percebe-se em geral, que os tratamentos de cocção que melhor preservaram a maioria dos AGM e AGP estão relacionados aos tratamentos que utilizaram calor úmido (EFC e AFC), principalmente o oleico, ω 3DHA, ω 3EPA e araquidônico, independente da espécie de peixe estudada.

Em relação aos ácidos ω 3DHA e ω 3EPA nota-se que os menores teores foram para os tratamentos que utilizaram o calor seco e micro-ondas.

Na relação dos ácidos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos, os maiores teores foram para os métodos assado e ensopado em forno combinado, teores desejáveis e acima do valor da recomendação (2,0).

Para os índices de aterogenicidade e trombogenicidade, notou-se que os maiores valores foram para os tratamentos em calor seco e os menores para aqueles que utilizaram calor úmido, o que é recomendável.

Na análise multivariada, percebe-se que os perfis de ácidos graxos do filé de merluza resultaram das diferentes condições dos tratamentos térmicos, como tempo e temperatura de cocção.

Pelos resultados encontrados neste estudo, é recomendável apontar os métodos de cocção que utilizaram calor úmido, em especial aqueles preparados em forno combinado a vapor para preservação dos ácidos graxos, em especial EPA e DHA.

Considerando-se a importância nutricional dos ácidos graxos à saúde, os resultados deste estudo indicam a necessidade de identificar tratamentos térmicos que garantam o mínimo de transformações físicas e químicas no seu valor nutricional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERC (Associação Brasileira de Empresas de Refeições Coletivas). Mercado Real. Disponível em <http://www.aberc.com.br/mercadoreal.asp?IDMenu=21>. Acesso em 04 abril. 2013.
- ADAMS, P.B., LAWSON, S., SANIGORSKI, A., SINCLAIR, A.I. (1996). Arachidonic acid to eicosapentaenoic acid ratio in blood correlates positively with clinical symptoms of depression. *Lipids*, 31, Supplement.
- AGUIRRE, A. (1997). Uma nota sobre a transformação Box-Cox. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 21p.
- ALESSANDRI, J.M., GOUSTARD, B., GUESNET, P., DURANT, G. (1998) Docosahexaenoic acid concentrations in retinal phospholipids of piglets fed an infant formula enriched with long-chain polyunsaturated fatty acids: effects of egg phospholipids and fish oils with different ratios of eicosapentaenoic acid to docosahexaenoic acid. *American Journal Clinical Nutrition*, v. 67, p. 377-385.
- ALMEIDA, N.M., BUENO FRANCO, M.R. (2006). Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 65(1):7-14.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of analysis, 19 ed., Gaithersburg: AOAC International, 2012. Method 950.46.
- ARANCETA, J. & PÉREZ-RODRIGO, C. (2012). Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: a systematic review. *British Journal of Nutrition*, 107, S8-S22.
- ARAÚJO, C. (1982). Transmissão de calor. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 444 p.
- ARMITAGE, P., BERRY, G., MATTHEWS, J.N.S. (2002). Statistical methods in medical research, 4 ed, p.816.

- ARO, T.L., LARMO, P.S., BACKMAN, C., KALLIO, H., TAHVONEN, R. (2005). Fatty Acids and Fat-Soluble Vitamins in Salted Herring (*Clupea harengus*) Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.53, n.5, p. 1482-1488.
- ASCHERIO A., KATAN, M.B., ZOCK, P.L., STAMPFER, M.J., WILLETT W.C. (1999). Trans fatty acids and coronary heart disease. *The New England Journal of Medicine*, 340: 1994-8.
- BADIANI, A., STIPA, S., BITOSSO, F., GATTA, P.P., VIGNOLA, G., CHIZZOLINI, R. (2002). Lipid composition, retention and oxidation in fresh and completely trimmed beef muscles as affected by common culinary practices. *Meat Science*, Oxford, v. 60, n. 2, p. 169-186, Feb.
- BADOLATO, E.S.G., CARVALHO, J.B., AMARAL MELLO, M.R.P. do, TAVARES, M., CAMPOS, N.C., AUEDPIMENTEL, S., MORAIS, C. de. (1994). Composição centesimal, de ácidos graxos e valor calórico de cinco espécies de peixes marinhos nas diferentes estações do ano. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v.54, n.1, p.27-35.
- BARRERA-ARELLANO, D., BLOCK, J.M. (1993). Ácidos grasos trans en aceites hidrogenados: implicaciones técnicas y nutricionales. *Grasas y Aceites*, Sevilla, v. 44, n. 4-5, p. 286-293.
- BAYIR, A., HALILOĞLU, H.I., SIRKECIOĞLU, A.N., ARAS, N.M. (2006). Fatty acid composition in some selected marine fish species living in Turkish waters. *Journal Science Food Agriculture*, 86:163-168.
- BEREZKIN, V.G, VIKTOROVA, E.N. (2003). Changes in the basic experimental parameters of capillary gas chromatography in the 20th century. *Journal of Chromatography*, v. 985, n.1-2, p.3-10.
- BOGNÁR, A. (1998). Comparative Study of Frying to Other Cooking Techniques Influence on The Nutritive Value. *Grasas Aceites*, 49, 250-260.
- BONANOME, A., & GRUNDY, S.M. (1988). Effect of Dietary Stearic Acid on Plasma Cholesterol and Lipoprotein Levels. *The New England Journal of Medicine*, 318, 1244-1248.

- BOX, G.E.P. & COX, D.R. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 26, 211-252.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. RIISPOA - Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Decreto nº 30691, de 29/03/52. Brasília: Ministério da Agricultura, 1952.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico da pesca e aquicultura, 2011. 129 p.
- BRONCANO, J. M., PETRÓN, M. J., PARRA, V. & TIMÓN, M. L. (2009). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in *Latissimus dorsi* muscle of Iberian pigs, *Meat Science*, 83, 431-437.
- BRONDZ, I. (2002). *Analytical Chemistry*. Acta 465, v. 1.
- CALDER, P.C. (2004). n-3 fatty acids, inflammation, and immunity-relevance to postsurgical and critically ill patients. *Lipids*, 39:1147-61.
- CALDER, P.C., ALBERS, R., ANTOINE, J.M., BLUM, S., BOURDET-SICARD, R., FERNS, G.A., FOLKERTS, G., FRIEDMANN, P.S., FROST, G.S., GUARNER, F., LØVIK, M., MACFARLANE, S., MEYER, P.D., M'RABET, L., SERAFINI, M., VAN EDEN, W., VAN LOO, J., VAS DIAS, W., VIDRY, S., WINKLHOFER-ROOB, B.M. & ZHAO J. (2009). Inflammatory Disease Processes and Interactions with Nutrition. *British Journal of Nutrition*, 101, S1-45.
- CALDER, P.C., YAGOOB, P. (2009). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and human health outcomes. *Biofactors*, v. 35, n.3, p.266-72.
- CAPONIO, F., PASQUALANE, A., GOMES, T. (2003). Changes in the fatty acid composition of vegetable oil in model dough submitted to conventional or microwave heating. *International Journal of Food Science & Technology*, 38, 481-486.
- CASTRO-GONZALÉS, M.I., MAAFS-RODRÍGUEZ, A.G. & ROMO PÉREZ-GIL, F. (2013). Variación del contenido de lípidios Y perfil de ácidos grasos em atún, trucha

- marina y pámpano sometidos a seis técnicas de cocción. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63, 74-86.
- ÇELIK, M., DILER, A., KÜÇÜKGÜLMEZ, A. (2005). A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic conditions. *Food Chemistry*, 92, 637-641.
- CHAO, L.N. (1978). A basis for classifying western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). NOAA Tech. Rep. NMFS Circular 415, p.1-64.
- CHAWFORD, M.A. (1992). The role of dietary fatty acids in biology: Their place in the evolution of the human brain. *Nutrition Reviews*, v. 50, p. 3-11.
- CHIARA, V.L, SICHIERI, R., CARVALHO T.S.F. (2003). Teores de ácidos graxos trans de alguns alimentos consumidos no Rio de Janeiro. *Revista Nutrire*. 16: 227-33.
- CHOQUE, B., CATHELIN, D., RIOUX, V., LEGRAND, P. (2014). Linoleic acid: Between doubts and certainties. *Biochimie*, 96.
- CONNOR, W. E. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 171s-175s.
- CONNOR, W.E., NEURINGER, M., REISBICK, S. (1992). Essential fatty acids: The importance of n-3 fatty acids in the retina and brain. *Nutrition Reviews*, v. 50, p. 21-29, 1992.
- CURI, R., MIYASAKA, C.K., POMPÉIA, C., PROCOPIO, J. (2002). Entendendo a Gordura - Os Ácidos Graxos. São Paulo: Ed. Manole, p. 598.
- DANIEL, W.W. (2013). *Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences*. 10th ed, 960 p.
- DANOWSKA-OZIEWICZ, M., SKA-TYMOSZCZYK, M.K., BOROWSKI, J. (2007). The effect of cooking in a steam-convection oven on the quality of selected dishes. *Journal of Foodservice*, 18, 187-197.

- DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY - DHSS - (1984). Report in health and social subjects, n. 46: nutritional aspects of cardiovascular disease. London: HMSO, p.178.
- DOMÍNGUEZ, R., GÓMEZ, M., FONSECA, S., LORENZO, J.M. (2014). Influence of thermal treatment on formation of volatile compounds, cooking loss and lipid oxidation in foal meat, *LWT - Food Science and Technology*, 58, 439-445
- DYERBERG, J., BANG, H.O. (1979). Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. *Lancet*. v. 2, p. 433-435, 1979.
- EDER, K. (1995). *Journal Chromatography*. B 671, 113.
- ERKKILAA A.T., SARKKINEN E.S., LEHTO S., PYORALA K., UUSITUPA M.I.J. (1999). Dietary associates of serum total, LDL, and HDL cholesterol and triglycerides in patients with coronary heart disease. *Preventive Medicine*, v. 28, p. 558-565.
- EVANGELISTA, J. (2005). *Alimentos: um estudo abrangente*. São Paulo: Atheneu, p. 450.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). *Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation*. 170 p.
- FERNANDES, C.E., VASCONCELOS, M.A.S., RIBEIRO, M.A., SARUBBO, L.A., ANDRADE, S.A.C., FILHO, A.B.M. (2014). Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil. *Food Chemistry*, 160, 67-71.
- FERRARI, C.K.B., TORRES, E.A.F.S. (2000). Physical and biochemical factors of industrialization, preparing and storing of foods and their relationships with free radicals and lipid oxidation. *Higiene Alimentar*, v. 14, p. 19–25.
- FERREIRA, A.B.H. (2004). *Novo dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*. 3 ed. Curitiba: Positivo.
- FERREIRA, M.W. (2005). *Composição química e perfil lipídico do filé de Tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus Linnaeus 1757) cru e submetido a diferentes métodos de cocção*. 2005. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG/Brasil.

- FOLCH, J., LEES, M., STANLEY, S.P.A. (1957). Simple method for the isolation and purification of total lipids from the animal tissues. *Journal Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- FORD, E.S. (2005) Risks for all-cause mortality, cardiovascular disease, and diabetes associated with the metabolic syndrome: a summary of the evidence. *Diabetes Care*, 28, 1769-78.
- FRANKEL, E.N. (1996). Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. *Food Chemistry*, 57, 51-55.
- FRENCH M.A., SUNDRAM K., CLANDININ M.T. (2002). Cholesterolaemic effect of palmitic acid in relation to other dietary fatty acids. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11, S401–S407.
- FUENTES, J.A.G. (1988). Que alimentos convêm ao coração? *Higiene Alimentar*, São Paulo, v.12, n.53, p.7-11.
- GALL, K.L., OTWELL, W.S., KOBUGUER, J.A., APPLIEDORF, H. (1983). Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 48, n. 4, p. 1068-1074, July/Aug.
- GARAFFO, M.A., VASSALLO-AGIUS, R., NENGAS, Y., LEMBO, E., RANDO, R., MAISANO, R., DUGO, G. GIUFFRIDA, D. (2011). Fatty Acids Profile, Atherogenic (IA) and Thrombogenic (IT) Health Lipid Indices, of Raw Roe of Blue Fin Tuna (*Thunnus thynnus* L.) and Their Salted Product “Bottarga. *Food and Nutrition Sciences*, v.2, 736-743.
- GARCIA-ARIAS, M.T., PONTES, E.A., GARCÍA-LINARES, M.C. (2003^a). Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets: effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry*, 83, 349-356.
- GARCÍA-ARIAS, M.T., ÁLVAREZ PONTES, E., GARCÍA-LINARES, M.C., GARCÍA-FERNÁNDEZ, M.C. & SÁNCHEZ-MUNIZ, F.J. (2003^b). Grilling of sardine fillets: effects of frozen and thawed modality on their protein quality. *LWT - Food Science*

- and Technology, v. 36, n. 8, p. 763-769, 2003. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 36, 763-769.
- GEBAUER, S.K, PSOTA, T.L, HARRIS, W.S, KRIS-ETHERTON, P.M. (2006) n-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition* 83, Suppl, 1526S–1535S.
- GERBER, P.A., GOUNI-BERTHOLD, I., BERNEIS, K. (2013). Omega-3 Fatty Acids: Role in Metabolism and Cardiovascular Disease. *Current Pharmaceutical Design*, v.19, n. 17, p.3074-3093.
- GIRARD, J.P. (1991). *Tecnología de la carne y los productos cárnicos*. Zaragoza: Acribia, 300 p.
- GLADYSHEV, M.I., SUSHCHIK, N.N., GUBANENKO, G.A., DEMIRCHIEVA, S.M., KALACHOVA, G.S. (2006). Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Food Chemistry*, v. 96, p. 446-451.
- GLADYSHEV, M.I., SUSHCHIK, N. N., GUBANENKO, G. A., DEMIRCHIEVA, S. M., KALACHOVA, G.S. (2007). Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species. *Food Chemistry*, 101, 1694-1700.
- GOKOGLU, N., YERLIKAYA, P., CENGIZ, E. (2004). Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, Oxford, v. 84, n. 1, p. 19-22.
- HAJSLOVA, J, CAJKA, T. (2009). Gas Chromatography in Food Analysis. In: S. Otleš, ed. *Handbook of food analysis instruments*. Boca Raton: CRC Press, p. 119-142.
- HANS, N., LEKA, L.S, LICHTENSTEIN, A.H, AUSMAN, L.M, SCHAEFER, E.J, MEYDANI, S.N. (2002). Effect of hydrogenated and saturated, relative to polyunsaturated, fat on immune and inflammatory responses of adults with moderate hypercholesterolemia. *The Journal of Lipid Research*. v. 43, n. 3. p.445-52.

- HARRIS, W.S. (2006). The omega-6/omega-3 ratio and cardiovascular disease risk: uses and abuses. *Current Atherosclerosis Reports*, v.8, n.6, p.453-9.
- HARRIS, W.S., MOZAFFARIAN, D., RIMM, E., KRIS-ETHERTON, P., RUDEL, L. L., APPEL, L.J, ENGLER, M. M., ENGLER, M. B., SACKS, F. (2009). Omega-6 fatty acids and risk for cardiovascular disease: a science advisory from the American Heart Association Nutrition Subcommittee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism, Council on Cardiovascular Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention. *Circulation*, 119, 902-907.
- HARTMAN, T.L., LAGO, B.C.A. (1973). Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Pratic*, 22, 475-477.
- HAYES, K.C., PRONCZUK, A., LINDSEY, S. N., DIERSEN-SCHADE, D. (1991). Dietary saturated fatty acids (12:0, 14:0, 16:0) differ in their impact on plasma cholesterol and lipoproteins in nonhuman primates. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 491-498.
- HOLMAN, R.T. (1998). The Slow Discovery of the Importance of ω 3 Essential Fatty Acids in Human Health. *Journal Nutrition*, 128: 427S-433S.
- HORROCKS, L., YEO, Y. (1999) Health Benefits of Docosahex-aenoic Acid (DHA). *Pharmacological Research*, v.40, n. 3, p. 211-225.
- HOSSEINI, H. (2014). Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional quality indices of kutum roach (*Rutilus frisii kutum*). *Food Chemistry*, v. 148, p. 86–89.
- HOSTMARK, A.T., HAUG, A. (2013). Percentages of oleic acid and arachidonic acid are inversely related in phospholipids of human sera Lipids. *Health Disease*, v. 12, n.106.
- HSIEH, J.H., MATEWS, M.E., HARTEL, R.W. (1991). Effects of meat color, oven temperature, and sampling position on thiamin retention and moisture content of cooked turkey rolls. *Journal of the American Dietetic Association*, 91, 845-846.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). POF 2008/2009 mostra desigualdades e transformações no orçamento das famílias brasileiras. 2010.

- Disponível em <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=1648>. Acesso em 04 abr. 2013
- ISAAC, V.J., ALMEIDA, M.C. (2011). El consumo de pescado en la Amazonía Brasileña, Relatório FAO. Roma: FAO.
- JAKOBSEN, M.U., BYSTED, A., ANDERSEN, N.L., HEITMANN, B.L., HARTKOPP, H.B., LETH, T. (2006). Intake of ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease – an overview. *Atherosclerosis Supplements*, 7: 9-11.
- JORGENSEN, K.A., DYERBERG, J. (1983). Platelets and arteriosclerosis. *Advances in Nutritional Research*, v. 5, p. 57.
- JUSTI, K. C., HAYASHI, C., VISENTAINER, J. V., SOUZA, N. E., MATSUSHITA, M. (2003). The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. *Food chemistry*, v. 80, p. 489-493.
- KADEGOWDA, A.K.G., PIPEROVA, L.S., ERDMAN, R.A. (2008). Principal Component and Multivariate Analysis of Milk Long-Chain Fatty Acid Composition During Diet-Induced Milk Fat Depression, *Journal of Dairy Science*, 91, 749-759
- KALOGEROPOULOS, N., ANDRIKOPOULOS, N.K., HASSAPIDOU, M. (2004). Dietary evaluation of Mediterranean fish and molluscs pan-fried in virgin olive oil *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1750–1758.
- KARPIŃSKA-TYMOSZCZYK, M., DANOWSKA-OZIEWICZ, M., BOROWSKI, J., BIAŁOBRZEWSKI, I. (2011). The effect of different level of air steam saturation during cooking in the oven and vacuum storage on the quality of Turkey Meat, *Food Science and Technology Research*, 17, 139-148.
- KHALIL, A.H., MANSOUR, E.H. (1998). Control of lipid oxidation in cooked and uncooked refrigerated carp fillets by antioxidant and packaging combinations. *Journal of agricultural and food chemistry*, v.46, n.3, p. 1158 - 1162.

- KINSELLA, J.E. (1990). Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. *American Journal of Clinical Nutrition*, 52: 1-28.
- KINSELLA, J.E., BRUCKNER, G., MAI, J., SHIMP J. (1981). Metabolism of trans fatty acids with emphasis on the effects of trans, trans–octadecadienoate on lipid composition, essential fatty acid, and prostaglandins: an overview. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v. 34, p. 2307–2318.
- KOCATEPE, D., TURAN, H., TAŞKAYA, G., KAYA Y., ERDEN, R. & ERDOĞDU, F. (2011). Effects of cooking methods on the proximate composition of black sea anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758). *GIDA*, 2, 71-75.
- KOLANOWSKI, W., LAUFENBERG, G. (2006). Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. *European Food Research Technology*, 222, 472-477.
- KOLANOWSKI, W. & WEIBRODT, J. (2008). Possibilities of Fisherman’s friend type lozenges fortification with Omega-3 LC PUFA by addition of microencapsulated fish oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 85, 339-345.
- KRAUSS, R. M. et al. American Heart Association Dietary Guidelines Revision (2000). A Statement for Healthcare Professionals From the Nutrition Committee of the American Heart Association. *Circulation*, Dallas, v. 102, n. 18, p. 2284-2299, 2000.
- KRIS-ETHERTON, P.M., HARRIS, W.S., APPEL, L.J. (2003). Fish consumption, fish oil, Omega-3 fatty acids and Cardiovascular disease. *Arteriosclerosis Thrombosis Vascular Biology*, 23, 20–31.
- KRIS-ETHERTON, P.M., GRIEGE, J.A., ETHERTON, T.D. (2009). Dietary reference intakes for DHA and EPA. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 81, 99–104.
- KRIS-ETHERTON, P.M., HARRIS, W.S., APPEL, L.J. (2003). Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: New recommendations from the American Heart Association. *Arteriosclerosis Thrombosis and Vascular Biology*, Dallas, v. 3, n. 2, p.151-152.

- KUPCEWICZ, B., STANEK, M., JANICKI., B. (2011). Chemometric analysis of fatty acids profile of bream (*Abramis brama*), ruffe (*Gymnocephalus cernua*) and perch (*Perca fluviatilis*) meat from Lake Gopło and Włocławski Dam Reservoir. *Journal of Central European Agriculture*, 12, 608-621.
- KURUSHIMA, H., HAYASHI, K., SHINGU, T., KUGA, Y., OHTANI, H., OKURA, Y. TANAKA, K., YASUNOBU, Y., NOMURA, K., KAJIYAMA, G. (1995). Opposite effects on cholesterol metabolism and their mechanisms induced by dietary oleic acid and palmitic acid in hamsters. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1258, 251-256.
- LABUZA, T.P., DUGAN JR, L.R. (1971). Kinetics of lipid oxidation in foods, *C R C Critical Reviews in Food Technology*, v.2, n.3, p.355-405.
- LADIKOS, D., LOUGOVOIS, V. (1990). Lipid Oxidation in Muscle Foods: A Review. *Food Chemistry* 35, 295-314.
- LARSEN, R., EILERTSEN, K.E, ELVEVOLL, E.O. (2011). Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances*, 29, 508–518.
- LEDERER, J. *Alimentação e câncer*. São Paulo: Manole Dois, 1990. 280p.
- LEE, J.Y, CARR, T.P. (2004). Dietary fatty acids regulate acyl-CoA: cholesterol acyltransferase and cytosolic cholesteryl ester hydrolase in hamsters. *Journal Nutrition*, v.134, n.12, p.3239-44.
- LIN HE, M.S., FERNANDEZ, M.L. (1988). Saturated fat and simple carbohydrates elevate plasma LDL cholesterol concentrations by specific alterations on hepatic cholesterol metabolism. *Nutrition Research*. v.18, n.6, p. 1003- 1015, 1998.
- LIU, Y.A., KING, D.J, ZIBRIK, D., INNIS, S.M (2007). Decreasing linoleic acid with constant alpha-linolenic acid in dietary fats increases (n-3) eicosapentaenoic acid in plasma phospholipids in healthy men. *Journal Nutrition*, v.137, n.4, p.945-52.
- LLORIS, D., MATALLANAS J., OLIVER P. (2005). *Hakes of the world (Family Merlucciidae)*. An annotated and illustrated catalogue of hake species known to date. *FAO Spec. Cat. Fish. Purp. 2:57p*. Rome: FAO.

- LOMBARDI-BOCCIA, G., LANZI, S., AGUZZI, A. (2005). Aspects of Meat Quality: Trace Elements and B Vitamins in Raw and Cooked Meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 39-46.
- LOTTENBERG, A.M., AFONSO, M.S.A., LAVRADOR, M.S.F., MACHADO, R.M., NAKANDAKARE, E.R. (2012). The role of dietary fatty acids in the pathology of metabolic syndrome. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 23, 1027-1040.
- LUNN, J., THEOBALD, H.E. (2006). The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *British Nutrition Foundation*, 31, 178-224.
- MAHAN, L.K., ESCOTT-STUMP, E., RAYMOND, J.L. *Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia*, 13 ed. 2013. Elsevier. 1256 p.
- MAI, J., SHIMP, J., WEIHRAUCH, J. KINSELLA, J.E. (1978). Lipids of fish fillets: changes following cooking by different methods. *Journal Food Science*, 43, 1669-1674.
- MAI, J., KINSELLA, J. E. (1981). Changes in the lipid components of minced carp (*Cyprinus carpio*) following cooking. *Journal of the science of food and agriculture*. v. 32 p. 232-299.
- MAIRESSE, G., THOMAS, M., GARDEUR, J., BRUN-BELLUT, J. (2006). Effects of geographic source, rearing system, and season on the nutritional quality of wild and farmed *Perca fluviatilis*. *Lipids*, 41, 221–229.
- MARIMUTHU, K., THILAGA, M., KATHIRESAN, S., XAVIER, R., MAS, R. H. M. H. (2012). Effect of different cooking methods on proximate and mineral composition of striped snakehead fish (*Channa striatus*, Bloch). *Journal Food Science Technology*, v. 49, p. 373–377.
- MARTIN, C.A., ALMEIDA, V.V., RUIZ, M.R., VISENTAINER, J.E.L, MATSHUSHITA, M., SOUZA, N.E., VISENTAINER, J.V. (2006). Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6 importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição*, 19, 761-770.
- MARWAHA, K. (2010). *Control and Analysis for Food and Agricultural Products*. Nova Deli: Gene-Tech Books, 281 p.

- MASTOVSKA, K, LEHOTAY, S.J. (2003). Practical approaches to fast gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, v. 1000 p. 153–180.
- MENSINK, R.P, ZOCC, P.L, KESTER, A.D, KATAN, M.B. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 77, p. 1146-1155.
- MONSMA, C.C., NEY, D.M. (1993). Interrelationship of stearic acid content and triacylglycerol composition of lard, beef tallow and cocoa butter in rats. *Lipids*, v.28, n.6, p.539-547.
- MONZAFFARIAN, D., KATAN, M.B., ASCHERIO, A., STAMPFER, M. J., WILLETT, W.C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354, 1601-1613.
- MORAES, F.P.E, COLLA, L.M. (2006). *Revista Eletrônica de Farmácia*, v.3, n.2, 99-112.
- MOREIRA, A.B., VISENTAINER, J.V., SOUZA, N.E., MATSUSHITA, M. (2001). Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian Brycon Freshwater Fishes. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 14, p. 565-574.
- MUSTAFA, F. A., MEDEIROS, D. M. (1985). Proximate composition, mineral content and fatty acids of catfish (*Ictalurus punctatus*, Rafinesque) for different seasons and cooking methods. *Journal of food science*. v.50, n.1, p. 585- 588.
- NETO, J.M.M, MOITA, G.C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. *Química Nova*, 21, 1998.
- NODE, K., HUO Y., RUAN X., YANG B., SPIECKER M., LEY K., ZELDIN, D. C., LIAO, J. K. (1999). Anti-inflammatory properties of cytochrome P450 epoxygenase-derived eicosanoids. *Science*, 85, 1276-1279.
- OETTERER, M. (2002). *Industrialização do pescado cultivado*. Guaíba: Agropecuária.

- OHNISHI H, SAITO Y. (2013). Eicosapentaenoic acid (EPA) reduces cardiovascular events: relationship with the EPA/arachidonic acid ratio. *Journal Atherosclerosis and Thrombosis*, 20, 861-877.
- ÖZOGUL, Y., ÖZOGUL, G., BOGA, E.K. (2009). Effects of cooking and reheating methods on the fatty acid profile of sea bream treated with rosemary extract. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 1481-1489.
- PENFIELD, M.P, A.M. CAMPBELL. M.P. (1990) In: (3rd Edition ed.), *Experimental Food Science*, Academic Press, Inc., San Diego, CA (1990).
- PHILIPPI, S.T. (2004). *Nutrição e técnica dietética*. São Paulo: Manole, 390p.
- PIMENTEL, B.M.V., FRANCKI, M., GOLLÜCKE, B.P. (2005). *Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos*. São Paulo: Editora Varela.
- PIRINI, M., TESTI, S., VENTRELLA, V., PAGLIARANI, A. & BADIANI, A. (2010). Blue-back fish: Fatty acid profile in selected seasons and retention upon baking. *Food Chemistry*, 123, 306-314.
- POPPI, M.M. de S., POPPI, R.J., FRIGHETTO, R.T.S., VALARINI, P.J. (2000). Avaliação do uso de métodos quimiométricos em análise de solos, *Química Nova*, 23.
- POTTER, N.N., HOTCHKISS, J.H. (1995). *Ciência de los Alimentos*. 5. ed. Zaragoza: Acribia, 1995. p.667.
- PRATO, E., BIANCOLINO, F. (2012). Total lipid content and fatty acid composition of commercially important fish species from the Mediterranean, Mar Grande Sea. *Food Chemistry*, 131, 1233-1239.
- PROENÇA, R.P.C. (1999). Novas tecnologias para a produção de refeições coletivas: recomendações de introdução para a realidade brasileira. *Revista de Nutrição*. PUCCAMP, Campinas, v.12, n.1, p.43-53, jan./abr.
- PUWASTIEN, P., JUDPRASONG, K., KETWAN, E., VASANACHITT, K., NAKNGAMANONG, Y., BHATTACHARJEE, L. (1999). Proximate Composition of

- Raw and Cooked Thai Freshwater and Marine Fish. *Journal of food composition and analysis*, 12, 9-16.
- RAMIREZ-TORTOSA, M.C., URBANO, G., LÓPEZ-JURADO M., NESTARES, T., GOMEZ, M.C., MIR A., ROS, E., MATAIX, J., GIL, A. (1999). Extra-Virgin Olive Oil Increases the Resistance of LDL to Oxidation More than Refined Olive Oil in Free-Living Men with Peripheral Vascular Disease. *The Journal of Nutrition*, 129, 2177-2183.
- REAVEN, P.D, GRASSE, B.J, TRIBBLE, D.L. (1994). Effects of linoleate-enriched and oleate-enriched diets in combination with alpha-tocopherol on the susceptibility of LDL and LDL subfractions to oxidative modification in humans. *Arterioscler Thromb.*, v.14, n.4, p.557-66.
- RIOUX V., LEMARCHAL, P., LEGRAND, P. (2000). Myristic acid, unlike palmitic acid, is rapidly metabolized in cultured rat hepatocytes. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, v.11, 198-207.
- ROCCA, B., FITZGERALD, G.A. (2002). Cyclooxygenases and prostaglandins: shaping up the immune response. *International Immunopharmacology*, 2, 603-630.
- RODRÍGUEZ, M.B.S., MEGÍAS, S.M., BAENA, B.M. (2003). Alimentos Funcionales y Nutrición óptima. *Revista da Espanha de Salud Pública*. v. 77, n. 3, p. 317-331.
- RUPP, H., WAGNER, D., RUPP, T., SCHULTE, L-M., MAISCH, B. (2004). Risk stratification by the “EPA+DHA Level” and the “EPA/AA Ratio”. *Herz*, 29, 673-685.
- RUXTON, C.H.S., REED, S.C., SIMPSON, M.J.A., MILLINGTON, K.J. (2004). The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 17, 449-459.
- RYAN, T. A., JOINER, B. L. Normal probability plots and tests for normality, Pennsylvania State University: Pennsylvania, 1976.
- SABARENSE, C.M., MANCINI-FILHO, J. (2004). Ácidos graxos trans e as lipoproteínas plasmáticas. *Nutrire: Journal of the Brazilian Society for Food and Nutrition*, 27, 69-83.

- SALDANHA, T., BRAGAGNOLO, N. (2007). Cholesterol oxidation is increased and PUFA decreased by frozen storage and grilling of Atlantic hake fillets (*Merluccius hubbsi*). *Lipids*, 42, 671-678.
- SALDANHA, T., BRAGAGNOLO, N. (2008). Relation between types of packaging, frozen storage and grilling on cholesterol and fatty acids oxidation in Atlantic hake fillets (*Merluccius hubbsi*). *Food Chemistry*, 106, 619-627.
- SALDANHA T., BRAGAGNOLO N. (2010). Effects of grilling on cholesterol oxide formation and fatty acids alterations in fish. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, n.30, p.385-390.
- SAMPATH, H., NTAMBI, J.M. (2005). The Fate and Intermediary Metabolism of Stearic Acid, *Lipids*, 40, 12.
- SANCHO, R.A.S., LIMA, F.A., COSTA, G.G.C., MARIUTTI, L.R.B., BRAGAGNOLO, N. (2011). Effect of Annatto Seed and Coriander Leaves as Natural Antioxidants in Fish Meatballs during Frozen Storage. *Journal of Food Science*, 76, 848-845.
- SANTOS R.D., GAGLIARDI A.C.M., XAVIER H.T., MAGNONI C.D., CASSANI R., LOTTENBERG A.M. (2013). Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 100, n. 1, Supl.3, p.1-40.
- SANTOS, R.D., SPÓSITO, A.C., MARANHÃO, R.C. (2001.) Lipidemia pós-prandial e risco de doença coronária. *Atherosclerosis*, v. 12, p.13-18.
- SANTOS-SILVA, J., BESSA, R.J.B., SANTOS-SILVA, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: Fatty and composition of meat. *Livestock Production Science*, 77, 187-194.
- SCHAEFER, E.J., BROUSSEAU, M.E. (1998). Diet, lipoproteins and coronary heart disease. *Journal American Medical Association*, 27, 243-247.
- SEBEDIO, J.L., RATNAYAKE, W.M.N., ACKMAN, R.G., PREVOST, J. (1993). Stability of polyunsaturated ω -3 fatty acids during deep fat frying of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.). *Food Research International*, v.26, n.3, p.163-172.

- SEMMA, M. (2002). Trans fatty acids: properties, benefits and risks. *Journal of Health Sciences*, v. 48, p. 7-13.
- SERHAN, C.N., CHIANG, N., VAN DYKE, T.E. (2008). Resolving inflammation dual: anti-inflammatory and pro-resolution lipid mediators. *Nature Reviews Immunology*, 8, 349.
- SIDHU, K.S. (2003). Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 38, 336-344.
- SILVA, S.M.C.S., KUGA, E.K., FILHO, J.M. (1993). Efeito do processamento sobre ácidos graxos polinsaturados da fração lipídica da sardinha (*Sardinella brasiliensis*) e da tainha (*Mugil cephalus*). *Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo*, v. 29 (1), p. 41 – 46.
- SILVERSTEIN, R.M., WEBSTER, F.X., KIEMLE, D.J. (2007). *Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos*. Rio de Janeiro: LTC, 7ª ed.
- SIMOPOULOS A.P. (1991^a). Omega-3 fatty acids in health and disease and growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition*. v. 54 438-463 p.
- SIMOPOULOS, A. P. (1999^b). Evolutionary aspects of omega-3 fatty acids in the food supply. *Prostaglandins, Leukotrienes and essential fatty acids*, 60, 421–429.
- SIMOPOULOS, A.P (2001). n-3 Fatty Acids and Human Health: Defining Strategies for Public Policy. *Lipids* 36, S83–S89.
- SIMOPOULOS, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 365–379.
- SIOEN, I., HAAK, L., RAES, K., HERMANS, C., DE HENAUW, S., D. E SMET, S., CAMP, J.V. (2006). Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. *Food Chemistry*, 98, 609-617.
- SKOOG, D.A., HOLLER, F.J., NIEMAN, T.A. (2001). *Princípios de Análisis Instrumental*. 5 ed. Madrid: Mc Grow Hill, 1024 p.
- SOLOMONS, T.W.G., FRYHLE, C.B. (2012). *Química orgânica*. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC.

- SOUZA, P.H.M., SOUZA NETO, M.H., MAIA, G.A. (2003). Componentes funcionais nos alimentos. *Boletim da SBCTA*. v. 37, n. 2, p. 127-135.
- SOUZA, S.V.C., JUNQUEIRA, R.G. (2005). A procedure to assess linearity by ordinary least squares method. *Analytica Chimica Acta*, 552, 25-35.
- STEPHEN, N.M., SHAKILA, R.J., JEYASEKARAN, G., SUKUMAR, D. (2010). Effect of different type of heat processing on chemical changes in tuna. *Journal of Food Science Technology*, 47,174.
- SUÁREZ-MAHECHA, H., FRANCISCO, A., BEIRÃO, L.H., BLOCK, J.M. SACCOL, A. PARDO-CARRASCO, S. (2002) Importância de ácidos graxos polinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. *B. Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 28, n.1, p. 101 - 110.
- TAPIERO, H.G., BA, N.P., TEW, C.K.D. (2002). Polynsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 56, 215-222.
- TARLEY, C.R.T., VISENTAINER, J.V., MATSUSHITA, M., SOUZA, N.E. (2004). Proximate composition, cholesterol and fatty acids profile of canned sardines (*Sardinella brasiliensis*) in soybean oil and tomato sauce. *Food Chemistry* v. 88, p.1–6.
- TILLEY, S.L., COFFMAN, T.M., KOLLER, B.H. (2001). Mixed messages: modulation of inflammation and immune responses by prostaglandins and thromboxanes. *Journal of Clinical Investigation*, 108, 15-23.
- TOCHER, D.R., SARGENT, J.R. (1984). Analyses of lipids and fatty acids in ripe roes of some Northwest European marine fish. *Lipids*, v. 19, n. 7, p. 492-499, 1984.
- TRICHOPOULOU, A., LAGIOU, P., KUPER, H., TRICHOPOULOS, D. (2000). Cancer and Mediterranean dietary traditions. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 9, 869-73.
- TRONDSSEN, T., SCHOLDERER, J., LUND, E., EGGEN, A.E. (2003). Perceived barriers to consumption of fish among Norwegian women. *Appetite*, v.41,n.3, p.301-314.

- TURAN, H., SÖNMEZ, G., KAYA, Y. (2007). Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. *Journal of Fish Science*, v.1, n.2, p.97-103.
- TÜRKKAN, A.U.T., ÇAKLI, S., KILINC, B. (2008). Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food Bioprod. Process.*, v. 86, p. 163–166.
- ULBRICHT T.L.V., SOUTHGATE D.A.T. (1991). Coronary Heart Disease: Seven Dietary Factors. *The Lancet*, 338, 985-992.
- VAZ-DOS-SANTOS, A.M., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B., FIGUEIREDO, J.L. (2009). *Merluccius hubbsi* (Teleostei: Merlucciidae): stock identification based on reproductive biology in the south-southeast Brazilian region. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57, 17-31.
- VÉKEY, K. (2001). *Journal Chromatography A*, 921, 227, 2001
- VICINI, L. (2005). *Análise multivariada da teoria à prática. Monografia de especialização, Universidade Federal de Santa Maria.*
- VITADINI, E., MASSIMILIANO, R., CHIAVARO, E., BARBANTI, D., NASSINI, R. (2005). The effect of different convection cooking methods on the instrumental quality and yield of pork *Longissimus dorsi*. *Meat science*, v. 69, p. 749 – 756.
- VOLEK, Z., MAROUNEK, M. (2011). Effect of feeding growing–fattening rabbits a diet supplemented with whole white lupin (*Lupinus albus* cv. Amiga) seeds on fatty acid composition and indexes related to human health in hind leg meat and perirenal fat. *Meat Science* 87, 40–45
- VOLIN, P. (2001). Analysis of steroidal lipids by gas and liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, v. 935 p. 125–140.
- VON SCHACKY, C. (2007). Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: lipid metabolism and therapy. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, v. 10, n. 2, p. 129-135

- WANG, C., HARRIS, S.H., CHUNG, M., LICHTENSTEIN, A.H, BALK, E.M., KUPELNICK B., JORDAN, H.S., LAU, J. (2006). n-3 Fatty acids from fish or fish-oil supplements, but not α -linolenic acid, benefit cardiovascular disease outcomes in primary- and secondary-prevention studies: a systematic review. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 84, n. 3, p. 5-17.
- WEBER, J., BOCHI, V.C., RIBEIRO, C.P., VICTORIO, A.M., EMANUELLI, T. (2008). Effects of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of Silver catfish (*Rhamdia quelen*) filets. *Food Chemistry*, v,106, n.1, p.140-146.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2008). Interim Summary of Conclusions and Dietary Recommendations on Total Fat & Fatty Acids. Report of a joint WHO/FAO expert consultation, Geneva.
- YU-POTH, S., YIN, D., KRIS-ETHERTON, P.M., ZHAO, G., ETHERTON, T.D. (2005) Long-chain polyunsaturated fatty acids upregulate LDL receptor protein expression in fibroblasts and HepG2 cells. *Journal Nutrition*, v.135, p.2541–2545.
- ZELMAN, K. (2011). The Great Fat Debate: A Closer Look at the Controversy— Questioning the Validity of Age-Old Dietary Guidance. *Journal of the American Dietetic Association*, 111, 5.
- ZOTOS, A., VOUZANIDOU, M. (2012). Seasonal changes in composition, fatty acid, cholesterol and mineral content of six highly commercial fish species of Greece. *Food Science Technology International*, v. 18, p. 139–149.

APÊNDICE 1

Prezados:

Eu, Cláudia Antônia Alcântara Amaral, professora do Departamento de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, venho convidá-los a participar da pesquisa que tem por objetivo verificar a frequência de utilização de peixes nos cardápios, o tipo de peixe e o tipo de cocção deste alimento comumente utilizado pelas Unidades de Alimentação e Nutrição. As informações serão mantidas em absoluto sigilo por parte da pesquisadora matriculada no Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Minas Gerais e os dados da pesquisa serão divulgados sem a identificação dos nomes das unidades e do responsável técnico.

Caso queiram maiores informações sobre a pesquisa meus telefones de contato são (31) 3559-1809 ou (31) 3559-1844.

Contando com sua participação na pesquisa, agradeço antecipadamente.

Profa. Cláudia Antônia Alcântara Amaral

APÊNDICE 2

Tabela 1. Avaliação sobre a utilização de filés de peixes em UAN.

Nome da Empresa							
Nome do Técnico							
Responsável							
Tipo de peixe	Utilização						Origem/ marca
	1x/ semana	2x/ semana	3x/ semana	4x/ semana	1 x mês	2x mês	
1. Merluza							
2. Peroá							
3. Cação							
4. Badejo							
5. Garoupa							
6. Namorado							
7. Atum							
8. Papa-terra							
9. Olho-de-boi							
10. Linguado							
11. Pescada							
12. Baiacu							
13. Outros							

APÊNDICE 3**Tabela 2.** Avaliação sobre o método de cocção empregado nos filés de peixes em UAN.

Métodos de Cocção/ Tipo de peixe	Calor Úmido		Calor Seco		
	Cozido Ensopado	Cozido à vapor	Frito	Assado	Grelhado
Merluza					
Peroá					
Cação					
Badejo					
Garoupa					
Namorado					
Atum					
Papa-terra					
Olho-de-boi					
Baiacu					
Linguado					
Pescada					
Outros:					
