



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

**IZABEL CRISTINA LUCAS**

**PROPRIEDADES BIOLÓGICAS DA LINHAÇA (*Linum usitatissimum* L.)**

Assis  
2010

IZABEL CRISTINA LUCAS

**PROPRIEDADES BIOLÓGICAS DA LINHAÇA (*Linum usitatissimum*  
*L.*)**

Trabalho de Conclusão de  
Curso apresentado ao Instituto  
Municipal de Ensino Superior  
de Assis, como requisito do  
Curso de Graduação

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mary Leiva de Faria  
Área de Concentração: Química

Assis  
2010

## FICHA CATALOGRÁFICA

LUCAS, Izabel Cristina

Propriedades Biológicas da Linhaça (*Linum usitatissimum L.*)/  
Izabel Cristina Lucas. Fundação Educacional do Município de Assis  
- FEMA - Assis, 2010.

49p.

Orientador: Mary Leiva de Faria.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de  
Ensino Superior de Assis – IMESA.

1.Linhaça. 2.Alimento funcional. 3.Ácidos graxos.  
4.Antioxidante

CDD:660  
Biblioteca da FEMA

# PROPRIEDADES BIOLÓGICAS DA LINHAÇA (*Linum usitatissimum* L.)

IZABEL CRISTINA LUCAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, analisado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mary Leiva de Faria

Analisador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Idécio Nogueira da Silva

Assis  
2010

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram, de alguma forma na elaboração deste trabalho, especialmente....

....a Deus, por me iluminar em mais esta caminhada de minha vida;

....a meu marido, que soube entender meu cansaço e minhas ausências;

....a minha mãe que nos momentos de desânimo, ajudou-me com suas orações e sabedoria de uma sobrevivente;

....a minha orientadora, Prof. Dr<sup>a</sup> Mary Leiva, que soube da melhor forma conduzir-me nesta realização;

....aos meus amigos de classe, que através do riso aliviaram meu cansaço e fizeram com que o tempo passasse mais rápido.

“A alegria não está nas coisas,  
está em nós.”

Johann Goethe

## RESUMO

A preocupação com a alimentação e seus constituintes tem aumentado nas últimas décadas, uma vez que várias doenças estão sendo vinculadas ao consumo de determinados alimentos, enquanto a ingestão de outros podem prevenir ou tratar patologias. A busca dos consumidores por dietas equilibradas impulsionou a indústria de alimentos a investigar a elaboração de produtos saudáveis e buscar alimentos funcionais. Tendo em vista a importância terapêutica das sementes de linhaça, o presente trabalho teve como objetivo abordar suas diversas propriedades biológicas, propriedades nutricionais e outras informações relevantes a esta oleaginosa. A linhaça pode ser consumida de várias formas: *in natura*, inteira ou moída, ou acrescentada diretamente sobre alimentos, bem como pode ser adicionado a bolos, pães, biscoitos, tanto na forma de grão como de óleo. Fonte de flavonóides, lignana, tocoferol e cumarinas, que funcionam como antioxidantes, a linhaça apresenta uma boa proporção de fibras solúveis e insolúveis, respondendo no total por 28% do seu peso seco . Dados da literatura indicaram que a linhaça é um alimento funcional, já que além de conter propriedades nutricionais, produz efeitos metabólicos e fisiológicos benéficos à saúde. As atividades biológicas são decorrentes da mesma ser fonte de vitaminas, flavonóides, lignanas, ômega 3, ômega 6, fibras solúveis e insolúveis, fósforo e magnésio. Estudos mostraram serem diversificados os seus benefícios, podendo auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares, determinados tipos de câncer, redução de processos inflamatórios. Além disso, pode atuar também como antioxidante, no retardamento do esvaziamento gástrico e no tempo de transito intestinal, podendo ainda absorver a glicose e o colesterol, dificultando a sua liberação na corrente sanguínea. É benéfica para o metabolismo cerebral e da glândula pineal. Este trabalho aborda ainda, como o tema linhaça pode ser utilizado no ensino médio para trabalhar o conteúdo ácidos graxos.

**Palavras-chave:** Linhaça, alimento funcional, ácidos graxos, antioxidante.

## ABSTRACT

The concern about food and its constituents has increased in recent decades, since many diseases are being linked to the consumption of certain foods while eating others can prevent or treat diseases. The quest for balanced diets of consumers boosted the food industry to investigate the development of healthy products and search functional foods. Given the therapeutic importance of flax seeds, this study aimed to address their biological properties, nutritional properties and other information relevant to this oilseed. Flaxseed can be consumed in various forms: fresh, whole or ground, or added directly to foods and can be added to cakes, breads, cookies, both as grain and oil. Source of flavonoids, lignans, coumarins and tocopherol, which act as antioxidants, flaxseed has a good proportion of soluble and insoluble fibers, accounting for 28% in total dry weight of linseed oil. Literature data showed that flaxseed is a functional food, as well as containing nutritional, metabolic and physiological effect beneficial to health. The biological activities are due to presence of vitamins, flavonoids, lignans, omega 3, omega 6, soluble and insoluble fiber, phosphorus and magnesium. Studies have shown that benefits are diverse and may help prevent cardiovascular disease, certain cancers, reduce inflammatory processes. Moreover, it can also act as an antioxidant in delaying gastric emptying and intestinal transit time, can still absorb glucose and cholesterol, making it difficult to release into the bloodstream. It is beneficial for brain metabolism and the pineal gland. This paper also discusses, as the theme flaxseed can be used in high school to work the fatty acid content.

Keywords: Flaxseed, functional food, fatty acid and antioxidant.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Flores da linhaça.....	14
Figura 2	– Plantio de linhaça, no interior do Rio Grande do Sul, Brasil.....	15
Figura 3	– Grão de linhaça: A - marrom e B - grão de linhaça dourada.....	19
Figura 4	– Exemplo de notação de um ácido graxo de cadeia longa poliinsaturado, no caso a representação do ácido linoléico.....	25
Figura 5	– Reação de obtenção de triglicerídeos.....	25
Figura 6	– Estrutura de um fosfolípido.....	26
Figura 7	– Representação da cadeia carbônica dos ácidos precursores das famílias n-6 e n-3.....	26
Figura 8	– Etapas bioquímicas para síntese de novos ácidos graxos de cadeia longa poliinsaturados da família n-6 e n-3 derivados dos ácidos graxos essenciais linoléico e $\alpha$ -linolênico.....	28
Figura 9	– Formas de prostaglandinas (PG), tromboxanos (TX) e leucotrienos (LT) sintetizados a partir do ácido poliinsaturado $\omega$ -6.....	30
Figura 10	– Formas de prostaglandinas (PG), tromboxanos (TX) e leucotrienos (LT) sintetizados a partir do ácido poliinsaturado $\omega$ -3.....	31
Figura 11	– Estrutura da prostaglandina $E_2$ ( $PGE_2$ ) e prostaglandina $F_{1\alpha}$ .....	32
Figura 12	– Mecanismo de ação para os antioxidantes primários.....	36
Figura 13	– Mecanismo geral de estabilização do radical inerte procedente do ácido p-hidroxibenzóico, um antioxidante primário.....	36
Figura 14	– Estrutura das principais classes de flavonóides.....	37
Figura 15	– Estrutura química do tocoferol e tocotrienol.....	38
Figura 16	– Estrutura química dos ácidos benzóicos.....	39
Figura 17	– Estrutura química dos principais ácidos cinâmicos.....	40
Figura 18	– Estrutura química das cumarinas.....	40
Figura 19	– Estrutura do diglucosídeo seicoisolariciresinol.....	41
Figura 20	– Estrutura do ácido nordihidroguaiarético.....	41

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>HISTÓRICO DA LINHAÇA.....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>LINHAÇA.....</b>	<b>14</b>
3.1	COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	16
<b>4.</b>	<b>LINHAÇA COMO ALIMENTO FUNCIONAL.....</b>	<b>22</b>
<b>5.</b>	<b>ÁCIDOS GRAXOS.....</b>	<b>24</b>
5.1	CLASSIFICAÇÃO.....	24
<b>6.</b>	<b>ÁCIDO GRAXO ÔMEGA-3 E A SAÚDE HUMANA.....</b>	<b>29</b>
<b>7.</b>	<b>ATIVIDADES ANTIOXIDANTES DA LINHAÇA.....</b>	<b>35</b>
<b>8.</b>	<b>LINHAÇA COMO FONTE DE ÁCIDOS GRAXOS ESSENCIAIS: UM TEMA PARA O ENSINO DE ÁCIDOS GRAXOS.....</b>	<b>42</b>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a alimentação e seus constituintes tem aumentado nas últimas décadas, uma vez que várias doenças estão sendo vinculadas ao consumo de determinados alimentos, enquanto a ingestão de outros podem prevenir ou tratar patologias (MARQUES, 2008). De acordo com Moraes e Colla (2006, p. 109) “a incidência de morte devido a acidentes cardiovasculares, câncer, acidente vascular cerebral, arteriosclerose, enfermidades hepáticas, dentre outros, pode ser minimizada através de bons hábitos alimentares”.

A busca dos consumidores por dietas equilibradas impulsionou a indústria de alimentos a investigar a elaboração de produtos saudáveis e buscar alimentos funcionais (MARQUES, 2008). Segundo Moraes e Colla (2006) “alimentos funcionais são todos os alimentos ou bebidas que consumidos na alimentação cotidiana, podem trazer benefícios fisiológicos específicos, graças à presença de ingredientes fisiologicamente saudáveis”. Diante desta definição a linhaça pode ser considerada um alimento funcional, pois além de conter propriedades nutricionais, produz efeitos metabólicos e fisiológicos benéficos à saúde (SOARES et al. 2009).

A semente de linhaça contém principalmente três substâncias que apresentam ações farmacológicas importantes: o óleo com ômega-3 (ácido  $\alpha$ -linolênico), fibras solúveis e insolúveis e lignana (CARRARA et al. 2009). O ácido  $\alpha$ -linolênico (ALA) é precursor dos ácidos eicosapentanóico (EPA) e docosahexanóico (DHA), os quais são transformados em prostaglandinas e leucotrienos, com atividades imunomoduladoras (MARQUES, 2008). Além disso, estudos têm demonstrado uma relação entre o conteúdo cerebral de DHA com a capacidade de aprendizagem, com o nível de inteligência e com o desenvolvimento neurológico de recém-nascidos e crianças (SANHUEZA; NIETO; VALENZUELA, 2004). As lignanas apresentam propriedades antioxidantes, auxiliam na prevenção do câncer de mama e minimizam os sintomas da menopausa (MARQUES, 2008; SANTOS, 2008). Esta última propriedade se deve ao fato da lignana apresentar uma estrutura química muito

semelhante ao estrogênio, o que confere a mesma uma atividade semelhante a este hormônio, cujos níveis são naturalmente diminuídos na menopausa (SOARES et al, 2009). As fibras insolúveis combatem problemas de obstipação e esta atividade se deve ao aumento do volume do bolo fecal, que resulta numa distensão do intestino grosso, ativando o reflexo da defecção. Por intermédio desta ação o aparecimento de outras moléstias como o câncer de colo ou a dilatação de veias retais são vetadas (BARBOSA, 2009). Já as fibras solúveis atuam na profilaxia da obesidade, uma vez que proporcionam sensação de saciedade por um maior espaço de tempo (BARBOSA, 2009).

Além disso, a vitamina E, presente primariamente como gama-tocoferol, na quantidade de 552mg/100g de semente, funciona como um antioxidante biológico (ALMEIDA et al., 2009).

O grão de linhaça pode ser consumido *in natura*, inteiro ou moído, ou acrescentado diretamente sobre alimentos como frutas, leite ou iogurte, bem como pode ser adicionado a bolos, pães, biscoitos, sobremesas, feijão e produtos cárneos, tanto na forma de grão como de óleo (MARQUES, 2008; GALVÃO, et al. 2008).

Tendo em vista a importância terapêutica das sementes de linhaça, o presente trabalho teve como objetivo abordar suas diversas propriedades biológicas, propriedades nutricionais e outras informações relevantes desta oleaginosa.

## 2. HISTÓRICO DA LINHAÇA

Os primeiros relatos da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) remontam nas tumbas egípcias, onde foi observado desenhos da semente datados antes de Cristo (POSSAMAI, 2005). Era usada em mumificações no Egito e outros achados demonstram que era utilizada também com sucesso para tratar ferimentos (PEREIRA, 2010). Os egípcios, contudo, não aproveitaram a planta somente por causa das sementes, as quais eram ricas em óleo, mas também descobriram a confecção de fibras e de tecidos de linho, chegando a atingir alto grau de perfeição (POSSAMAI, 2005).

Na Idade Média, esta herbácea chegou a ser empregada como um amuleto contra feitiçaria. Já outros relatos indicam que antigamente fazia parte até mesmo de rituais (POSSAMAI, 2005, PEREIRA, 2010)

Apesar do consumo da linhaça ser relativamente novo na atualidade, esta é uma das sementes oleaginosas mais tradicionais de todos os tempos. É cultivada na Babilônia, Mesopotâmia e Egito há milênios, para ser mais preciso, os relatos mais antigos da semente da linhaça são datados de 5000 anos antes de Cristo, na Mesopotâmia. Embora seja uma planta originária da Ásia, seus benefícios foram difundidos, sendo muito comum seu consumo na Europa, África e mais recentemente na América do Norte (MARQUES, 2008).

Segundo Possamai, ( 2005), a humanidade faz uso da linhaça como medicamento há mais de 2500 anos.

### 3. LINHAÇA

Segundo Marques (2008, p. 17), “a linhaça (*Linum usitatissimum* L.) é uma planta pertencente à família das *Linaceas*, caracterizada por apresentar uma altura de 30 e 130 cm, talos eretos, folhas estreitas lineares ou lanceoladas, alternando entre verde e verde-claro”. É conhecida popularmente como linhaça ou linho e cresce com facilidade em climas tropicais e temperados, apresentando flores de cor azul clara (figura 1) (MARQUES, 2008; POSSAMAI, 2005).



**Figura 1 – Flores da linhaça (In: [revistavidanatural.uol.com.br](http://revistavidanatural.uol.com.br))**

Segundo Possamai (2005, p. 38) “a semente é chata, ovalada e pontiaguda e, um pouco mais larga que uma semente de girassol, com uma medida aproximada de 2,5 x 5,0 x 1,5 mm”. Apresenta cor marrom ou amarelo dourado e tem textura firme e mastigável, apresentando sabor parecido com o da castanha, entretanto levemente amargo. Seu plantio (figura 2) ocorre nos meses de maio e junho, com colheita nos meses de novembro, dezembro e janeiro (POSSAMAI, 2005; MARQUES, 2008).



**Figura 2 – Plantio de linhaça, no interior do Rio Grande do Sul, Brasil (In: MARQUES, 2008, p. 17)**

Como não exige muitos tratamentos culturais, seu cultivo é realizado muitas vezes no processo de rotação de culturas, tendo a finalidade de recuperar terras cansadas, bem como evitar o desgaste e a erosão do solo, aproveitando a adubação residual do milho e da soja (SOARES et al., 2009).

A indústria aproveita a planta da linhaça em quase a sua totalidade. Do caule é extraído o linho, matéria-prima para a confecção de roupas. Da semente se extrai o óleo, o qual é utilizado na fabricação de tintas, resinas e na indústria alimentícia (SOARES et al., 2009, MARQUES, 2008).

Descendentes de imigrantes poloneses e alemães mantêm o cultivo da linhaça no Brasil. Este cultivo se restringe basicamente ao Rio Grande do Sul, mais especificamente ao noroeste gaúcho, uma vez que é necessário clima frio, em torno de 0 °C até -2 °C, para a floração ocorrer (SOARES et al., 2009).

O Canadá é o principal produtor de linhaça, cuja produção mundial se encontra entre 2.300.000 e 2.500.000 toneladas anuais. Na América do Sul, com cerca de 80 mil toneladas por ano, o maior produtor é a Argentina. Já o Brasil produz 21 mil toneladas por ano. (ALMEIDA; BOAVENTURA; GUZMAN-SILVA).

### 3.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A semente de linhaça é rica em proteína, gordura e fibras dietéticas. A quantidade de calorias (energia) presente em 100 gramas de linhaça é de 396 kcal, das quais 109 kcal são provenientes de proteína e 287kcal de lipídios. “Isto corresponde a 41% de lipídios, 21% de proteínas, 28% de fibras dietéticas, 4% de resíduo mineral e 6% de outros carboidratos (os quais incluem açúcares, ácidos fenólicos, lignina e hemicelulose)” (ALMEIDA; BOAVENTURA; GUZMAN-SILVA, p. 748).

Os principais constituintes do grão são:

a) Lipídios: armazenada em temperatura ambiente de 20 °C, a semente crua é composta por, aproximadamente 46% de ácidos graxos ômega-3, 15% de ômega 6, 24% de saturados (ALMEIDA; BOAVENTURA; GUZMAN-SILVA).

b) Proteína: a composição de aminoácidos na proteína da linhaça é semelhante ao de proteína de soja, a qual é considerada como uma das proteínas vegetais mais nutritivas. As proteínas presentes no grão são a albumina e a globulina, as quais respondem por cerca de 20% a 42% da proteína da linhaça (POSSAMAI, 2005). É uma boa fonte dos aminoácidos, conforme descrição da tabela 1 (TRUCUM, 2006).

Aminoácidos essenciais	Quantidade de proteína (g/100g)	
	Linhaça (marron)	Linhaça (dourada)
Histidina	2,2	2,5z
Isoleucina	4,0	4,7
Leucina	5,8	7,7
Lisina	4,0	5,8
Metionina	1,5	1,2
Fenilalanina	4,6	5,1
Treonina	3,6	3,6
Triptofano	1,8	-
Valina	4,6	5,2

**Tabela 1 – Composição de aminoácidos essenciais da linhaça (In: TRUCOM, 2006, p. 28)**

c) Polissacarídeos: estes são divididos em ligninas, fibra alimentar e goma ou mucilagem. A linhaça é considerada a maior fonte alimentar das ligninas. Já a fibra da semente de linhaça apresenta boa proporção de fibra solúvel e insolúvel. A goma é um polissacarídeo heterogêneo, formado por xilose, arabinose, galactose, ácido galacturônico, ramnose e frutose, compondo cerca de 8% do peso do grão e extraídas, geralmente, da torta da linhaça (MARQUES, 2008).

A semente de linhaça apresenta alto teor em potássio, sendo cerca de sete vezes maior potássio que o da banana (ALMEIDA; BOAVENTURA; GUZMAN-SILVA). A tabela 2 descreve os minerais presentes na linhaça.

<b>Minerais (mg/100g da semente inteira)</b>	
Potássio	831
Fósforo	622
Magnésio	431
Cálcio	236
Sódio	27
Zinco	5
Ferro	5
Manganês	3
Cobre	1

**Tabela 2 – Os minerais da linhaça (In: TRUCOM, 2006, p. 45)**

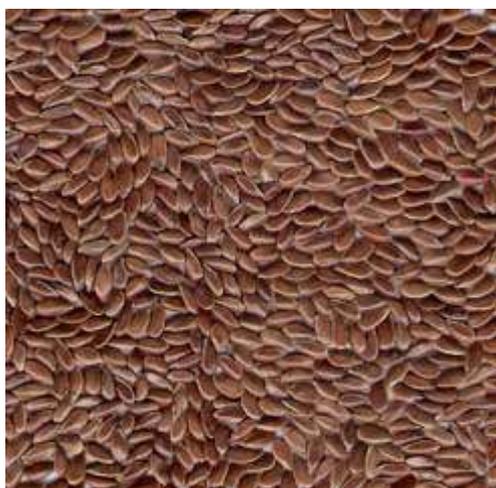
A vitamina E está presente primariamente com  $\gamma$ -tocoferol, bem como outras vitaminas, conforme descrito na tabela 3 (POSSAMAI, 2005; TRUCOM, 2006).

<b>Vitaminas solúveis em água (mg/100g)</b>	
Acido ascórbico (vit. C)	0,5
Tiamina	0,53
Riboflavina (vit. B2)	0,23
Niacina (vit. B3)	3,21
Piridoxina (vit. B6)	0,61
Ácido Pantotênico	0,57
Ácido Fólico	112 microgramas
Biotina	6 microgramas
<b>Vitaminas solúveis em gordura (mg/Kg)</b>	
Alfa-tocoferol (vit. E)	0,55
Delta-tocoferol (vit. E)	0,45
Gama-tocoferol (vit. E)	29,70

**Tabela 3 - As vitaminas da linhaça (In: TRUCOM, 2006, p. 44)**

Fazem parte ainda da composição da semente de linhaça os ácidos fenólicos, os flavonóides e o ácido fítico (MARQUES, 2008).

É importante mencionar que tem se falado que a semente de linhaça dourada e a linhaça marrom (figura 3) não teriam as mesmas propriedades. Na verdade, uma não é melhor do que a outra: ambas são ricas em ligninas e fibras dietéticas. A marrom é cultivada em regiões de clima quente e úmido, como o Brasil. Já a dourada é plantada em regiões frias como o Canadá e o norte dos Estados Unidos. Com relação ao cultivo, na linhaça marrom são empregados agrotóxicos, enquanto a dourada é cultivada de forma orgânica (MARQUES, 2008).

**A****B**

**Figura 3 – Grão de linhaça: A - marrom e B - grão de linhaça dourada (In: [www.images.google.com.br](http://www.images.google.com.br)).**

As condições de cultivo da linhaça podem alterar a quantidade de pigmentos da casca, o que determina a tonalidade de cor marrom ou dourada do grão, sendo praticamente idênticas nas suas propriedades nutricionais e terapêuticas (TRUCOM, 2006).

A tabela 4 apresenta a comparação entre as variedades marrom e dourada.

<b>Componentes</b>	<b>Linhaça marrom</b>	<b>Linhaça dourada</b>
	<b>(g/100g)</b>	
Umidade	7,7	7,0
Proteína	22,3	29,2
Lipídios totais	44,4	43,6
Ácidos graxos saturados	8,7	9,0
Ácidos graxos monoinsaturados	18,0	23,5
<b>Ácidos graxos poliinsaturados</b>		
Ácido alfa-linolênico (ômega-3)	58,2	50,9
Ácido linolênico (ômega-6)	14,6	15,8
Relação ômega-3:ômega-6	4	3,2

**Tabela 4 – Comparação entre as variedades marrom e dourada (In: TRUCOM, 2006, p. 19)**

A semente de linhaça pode ser considerada um alimento energético, protéico, rico em fibra ou sais minerais e vitaminas, devido a sua versatilidade. Como alimento rico em fibras confere juntamente com a aveia, os grãos de maior teor em fibra de um alimento concentrado. Como alimento rico em proteínas (21%), supera os demais grãos energéticos (milho: 8,5% e aveia: 12%). Como alimento energético a semente de linhaça incorpora um valor calórico superior em quase duas vezes aos grãos como milho ou aveia (POSSAMAI, 2005).

Outras fontes de ácidos graxos como óleo de soja, óleo de milho, óleo de açafrão e óleo de girassol são ricos em ácido linoléico, enquanto o óleo de linhaça é uma fonte rica em  $\alpha$ -linolênico. A tabela 5 pode-se observar a composição dos óleos de algumas fontes vegetais.

Óleo	Composição de fontes vegetais de AG*					AG saturados (%)
	C12:0	C18:1	C18:2	C18:3	C22:1	
Açafrão		72,8	19,2	0,8		7,0
Algodão		13,7	56,5	0,1		26,8
Amendoim		40,7	33,9	0,1		21,3
Canola		60,3	20,1	9,5	0,7	6,3
Gergelim		41,6	42,3	0,3		15,1
Linhaça		19,9	15,9	52,7		9,5
Oliva		64,0	15,9	0,1		18,0
Palma	44,7	17,1	2,9	0,1		76,5
Girassol		23,1	65,1	0,2		11,6
Soja		24,8	52,4	7,7		15,2

\*C12:0 (Láurico), C18:1 (Oléico), C18:2 (Linoléico), C18:3 (Linolênico), C22:1 (Erúcido).

**Tabela 5 – Composição dos óleos de algumas fontes vegetais (In: adaptado de FRANCO, 2007, p. 16)**

#### 4. LINHAÇA COMO ALIMENTO FUNCIONAL

Há tempos a linhaça está sendo investigada como alimento funcional, sendo esta atribuição embasada cientificamente, uma vez que existem comprovações científicas dos efeitos benéficos desta oleaginosa à saúde (MARQUES, 2008; ALMEIDA; BOAVENTURA; GUZMAN-SILVA, 2009).

Entre os diversos componentes da linhaça, destacam-se os ácidos graxos poliinsaturados  $\alpha$ -linolênico (ALA) e o ácido linoléico (AL), os quais são considerados ácidos graxos essenciais e precursores dos demais ácidos das famílias  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6, respectivamente. O ácido  $\alpha$ -linolênico (ALA) compõe cerca de 20% do peso do grão e o ácido linoléico (LA) cerca de 6% (MARQUES, 2008). Estes ácidos poliinsaturados são importantes para o desenvolvimento do sistema nervoso central, auxiliam a prevenção de doenças cardiovasculares, determinados tipos de câncer, tendo atuação ainda na redução de processos inflamatórios (SOARES et al., 2009).

A linhaça também é rica em ácidos fenólicos, cumarinas, flavonóides e ligninas, os quais apresentam ação antioxidante. Foi determinada também na semente de linhaça, a presença do gama-tocoferol, reforçando assim, a atividade antioxidante desta semente (SOARES et al., 2009; ALMEIDA; BOAVENTURA; GUZMAN-SILVA, 2009).

A fibra do grão de linhaça apresenta uma boa proporção de fibras solúveis e insolúveis, respondendo no total por 28% do peso seco da linhaça. As proporções de fibras solúveis e insolúveis na semente variam entre 20:80 e 40:60 (ALMEIDA; BOAVENTURA; GUZMAN-SILVA, 2009). Na linhaça as fibras solúveis representam de 6 a 11% e são formadas por: pectinas gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses. As ações fundamentais destas fibras são o retardamento do esvaziamento gástrico e o tempo de transito intestinal, além de absorver a glicose e o colesterol, dificultando a sua liberação na corrente sanguínea. Já as fibras insolúveis representam de 17 a 22%, tendo em sua composição: a celulose, a lignina, a hemicelulose e os amidos resistentes. São pouco metabolizadas e devido

à insolubilidade elas são poucos fermentáveis. Apresentado um efeito esponja no trato gastrointestinal, estas fibras promovem maior volume e fluidez ao bolo fecal e regulam o tempo do transito intestinal (TRUCOM, 2006).

A fibra insolúvel, por aumentar o volume das fezes em virtude de sua própria massa e também pela água que mantém ligada ou adsorvida, é benéfica no tratamento da constipação, da síndrome do intestino irritável e da doença diverticular (MARQUES, 2008). Já as fibras solúveis, além de atuarem na prevenção da obesidade, atuam reduzindo os níveis de colesterol sanguíneo, uma vez que sua viscosidade provoca redução na absorção de lipídios e colesterol no intestino delgado (CARRARA et al.).

Os flavonóides, além da ação antioxidante, inibem também a agregação plaquetária, a permeabilidade e a fragilidade capilar. Apesar de estarem presentes em pequenas quantidades, os flavonóides e os ácidos fenólicos são também considerados importantes em decorrência dos efeitos benéficos à saúde, o que reforça as propriedades funcionais da linhaça (MARQUES, 2008).

Pelo fato de ser rica em fósforo e magnésio, a semente de linhaça é benéfica para o metabolismo cerebral e da glândula pineal, respectivamente.

## 5. ÁCIDOS GRAXOS

Como várias atividades biológicas da linhaça são decorrentes da presença de ácidos graxos essenciais, principalmente o  $\alpha$ -linolênico, serão apresentados neste capítulo alguns conceitos importantes sobre os ácidos graxos.

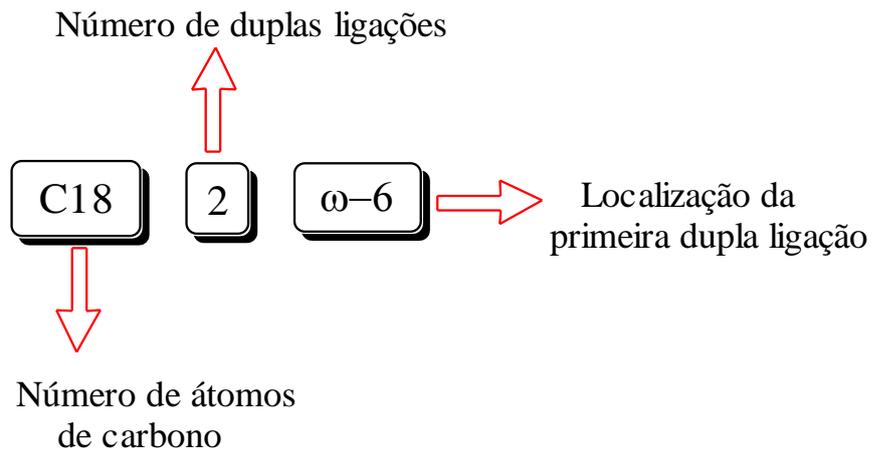
Segundo Santos (2006, p. 18) “os ácidos graxos são ácidos carboxílicos que geralmente apresentam uma cadeia carbônica longa, não ramificada, com um número par de átomos de carbono”.

### 5.1 CLASSIFICAÇÃO

Dependendo do número de átomos de carbono, os ácidos graxos podem ser classificados em (SANTOS, 2006): a) Ácidos graxos de cadeia curta (4-6 carbonos); b) Ácidos graxos de cadeia média (8-12 carbonos); c) Ácidos graxos de cadeia longa (14-18 carbonos) e d) Ácidos graxos de cadeia muito longa (20 carbonos ou mais).

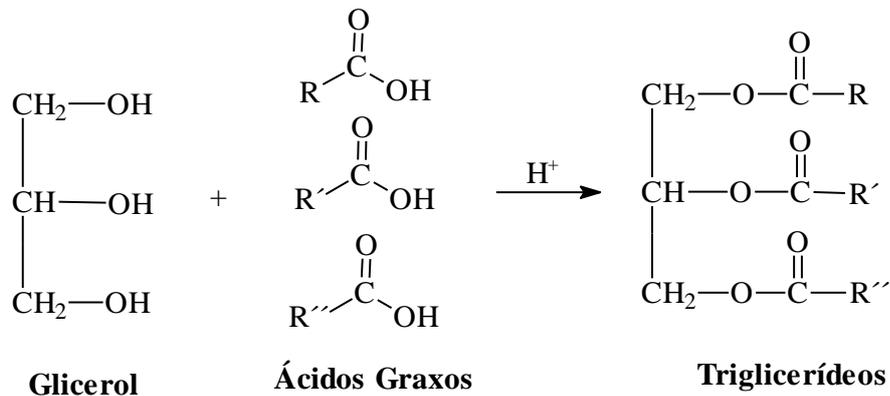
De acordo com o tipo de ligações presente na estrutura molecular, os ácidos graxos podem ser classificados como saturados, monoinsaturados e poliinsaturados. Como a insaturação na cadeia carbônica dificulta a interação intermolecular, estes ácidos graxos se apresentam no estado líquido a temperatura ambiente. Por outro lado, os saturados, por apresentarem maior facilidade de interação intermolecular, se apresentam no estado sólido (DELATTRE, 2008).

A posição da ligação dupla pode ser feita identificando-se a posição da primeira dupla ligação contada a partir de seu radical metil, Representada pela letra grega,  $\omega$  (figura 4) (WAITZBERG, 2010).



**Figura 4 – Exemplo de notação de um ácido graxo de cadeia longa poliinsaturado, no caso a representação do ácido linoléico (In: WAITZBERG, 2010)**

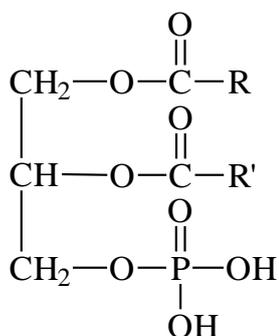
Os lipídeos mais simples constituídos de ácidos graxos são os de reserva (triglicerídeos), os quais são formados pela associação química entre o glicerol e moléculas de ácido graxo (figura 5), que podem apresentar de uma a três moléculas nesta composição química (GARRETT; GRISHAM, 1999).



R', R'', R''' - cadeias saturadas ou insaturadas

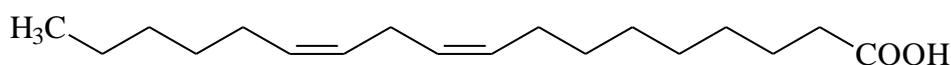
**Figura 5 - Reação de obtenção de triglicerídeos (In: SANTOS, 2007)**

Os lipídios com função estrutural, por sua vez são mais complexos, e incluem os fosfolipídios (figura 6), os quais são constituídos basicamente de ácidos graxos poliinsaturados (DELATTRE , 2008).

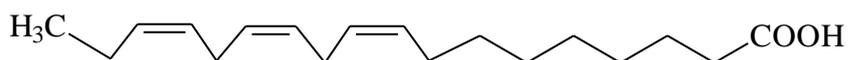


**Figura 6 – Estrutura de um fosfolipídio (In: SANTOS, 2007)**

De acordo com a posição da primeira insaturação da cadeia carbônica em relação à extremidade metila (ômega), os ácidos graxos poliinsaturados podem ser divididos em duas famílias. Os ácidos graxos que pertencem à família ômega 3 ( $\omega$ -3 ou n-3), apresentam sua primeira ligação no terceiro carbono a partir da extremidade metila. Já os ácidos graxos pertencentes à família ômega-6 ( $\omega$ -6 ou n-6), possuem sua primeira ligação no sexto carbono a partir da extremidade metila (figura 7).



cadeia carbônica do ácido linoléico (n-6)

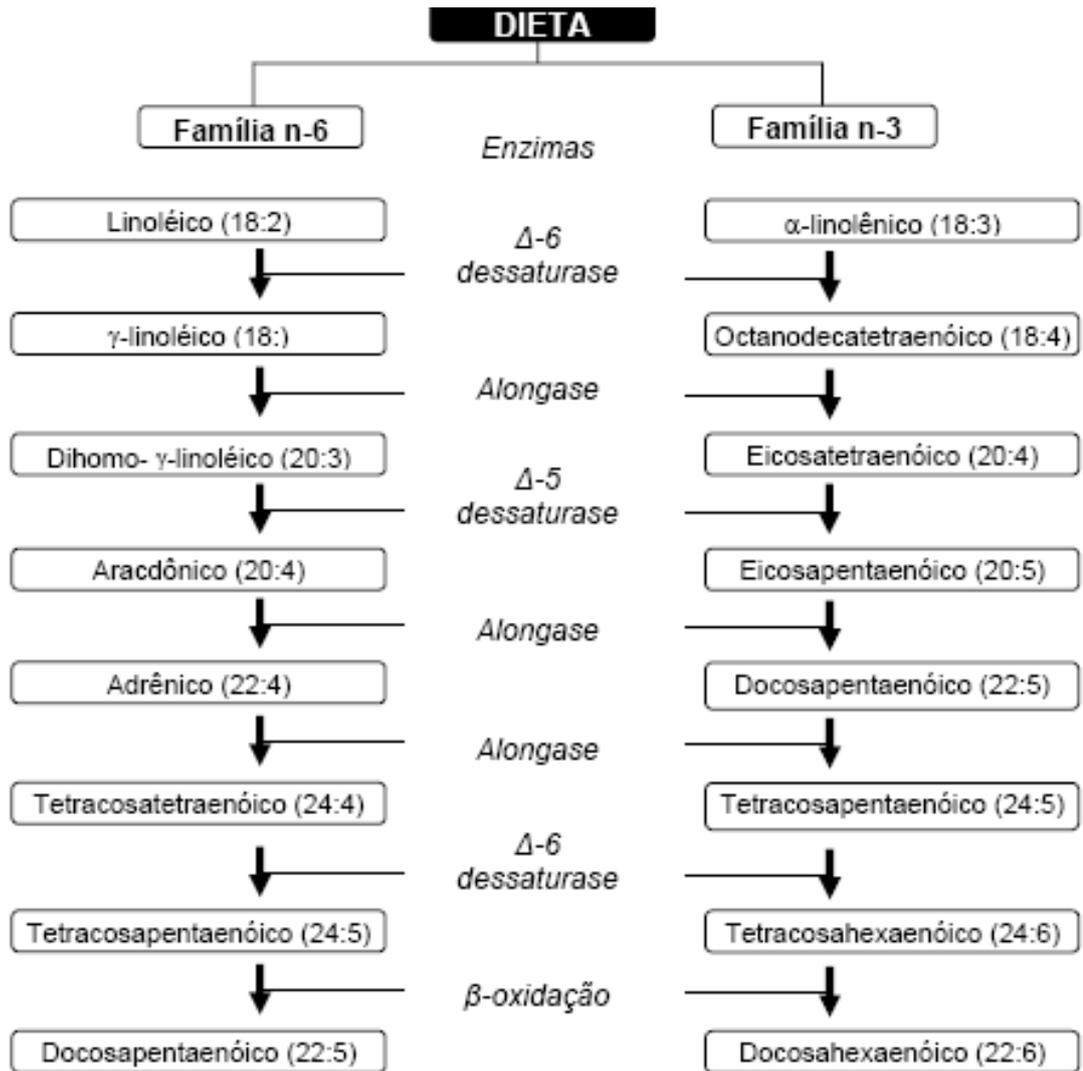


cadeia carbônica do ácido  $\alpha$ -linolênico (n-3)

**Figura 7 - Representação da cadeia carbônica dos ácidos precursores das famílias n-6 e n-3 (In: DELATTRE, 2008, p. 15)**

Segundo Franco (2007), “as séries  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 são duas famílias dos ácidos graxos linoléico (18:2  $\omega$ -6) e  $\alpha$ -linolênico (18:3  $\omega$ -3), respectivamente, os quais não podem ser sintetizados endogenamente pelos animais, então são identificados como ácidos graxos essenciais. Estes ácidos graxos são denominados de essenciais, pois os seres humanos não podem biossintetizá-los, já que não possuem enzimas dessaturases específicas ( $\Delta$ -15 e  $\Delta$ -12 dessaturase) (DELATTRE, 2008; FRANCO, 2007).

Os ácidos graxos essenciais  $\alpha$ -linolênico (18:3  $\omega$ -3) e o linoléico (18:2  $\omega$ -6), primariamente com 18 carbonos, passam por sucessivas reações de dessaturação (oxidação com formação de ligações duplas) e alongamentos (aumentos do número de carbonos na cadeia carbônica), originando, por via metabólica, outros membros destas famílias (figura 8) (DELATTRE, 2008).



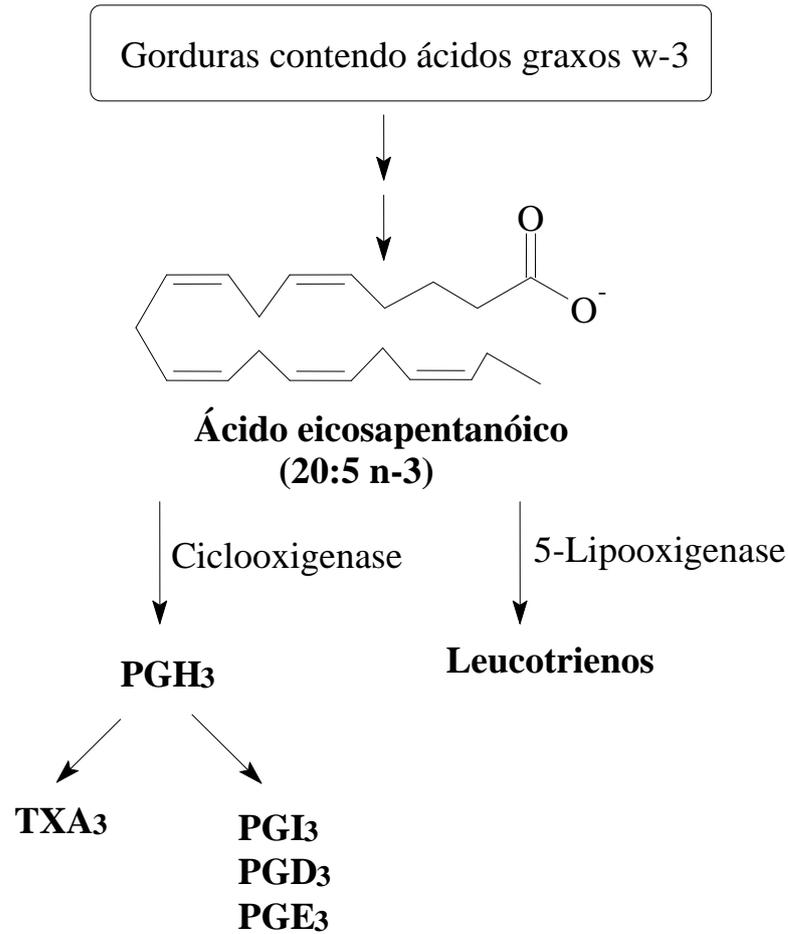
**Figura 8 - Etapas bioquímicas para síntese de novos ácidos graxos de cadeia longa poliinsaturados da família n-6 e n-3 derivados dos ácidos graxos essenciais linoléico e  $\alpha$ -linolênico (In: DELATTRE, 2008, p. 16)**

## 6. ÁCIDO GRAXO ÔMEGA-3 E A SAÚDE HUMANA

Os ácidos graxos essenciais (AGE) são necessários para a fluidez da estrutura da membrana e para a síntese de eicosanóides (FORNAZZANI et al., 2007). Segundo Andrade e Tavares do Carmo (2006), os eicosanóides são metabólitos oxigenados dos AGE, sendo esta família composta por prostaglandinas, leucotrienos, prostaciclina, tromboxanos e derivados dos ácidos graxos hidroxilados. São substratos para a formação dos eicosanóides o ácido dihidro-gama-linolênico, o ácido araquidônico e o ácido eicosapentanoico. Estas substâncias são sintetizadas a partir do ácido graxo precursor, o qual é clivado dos fosfolípidios de membrana pela ação da fosfolipase A2 ou fosfolipase C, dependendo do subtipo fosfatidil ao qual o AGE está ligado (ANDRADE e TAVARES DO CARMO, 2006).

O ácido graxo resultante da ação da fosfolipase é então metabolizado. A figura 9 mostra a metabolização do ácido graxo poliinsaturado w-6 (CHAMPE e HARVEY, 1996).

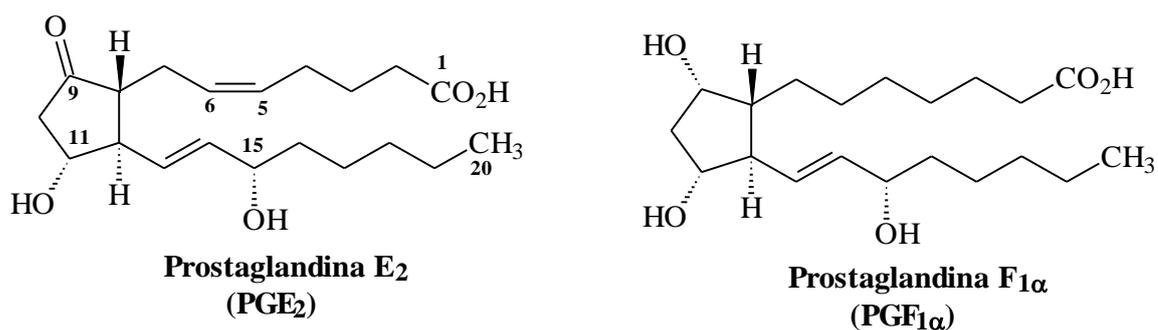




**Figura 10 – Formas de prostaglandinas (PG), tromboxanos (TX) e leucotrienos (LT) sintetizados a partir do ácido poliinsaturado w-3 (In: Adaptado de CHAMPE e HARVEY, 1996, p. 320).**

Existe uma competição entre as famílias w-6 e w-3 pelas mesmas enzimas de dessaturação ( $\Delta$ -6-saturase), mas estas preferem os ácidos w-3 em relação aos ácidos w-6 (FORNAZZARI et al, 2007; ANDRADE e TAVARES DO CARMO, 2006).

Quando a via de metabolização é a da ciclooxigenase, há formação de prostaglandinas (PGs), tromboxanos (TXs) e prostaciclina (PCi). As prostaglandinas compreendem muitos subtipos, os quais possuem diferentes funções. Duas entre as prostaglandinas biologicamente mais ativas são a prostaglandina E<sub>2</sub> e a prostaglandina F<sub>1α</sub> (figura 11).



**Figura 11 – Estrutura da prostaglandina E<sub>2</sub> (PGE<sub>2</sub>) e prostaglandina F<sub>1α</sub> (PGF<sub>1α</sub>) (In: SOLOMONS, 1996, p. 428).**

As prostaglandinas do tipo E apresentam o grupo carbonila em C9 e grupo hidroxila em C11; já as do tipo F apresentam hidroxila nas duas posições. As prostaglandinas da série 2 têm ligação dupla entre C5 e C6 e as da série 1 têm ligação simples no lugar desta dupla ligação (SOLLOMONS, 1996).

Entre os tromboxanos, somente o tromboxano A (TXA) é ativo, sendo o TXB inativo. Todos os metabólitos formados a partir de ácido araquidônico recebem o sufixo “2” (PGE<sub>2</sub>, TXA<sub>2</sub>, PCl<sub>2</sub>) e aqueles provenientes do ácido eicosapentanóico recebem o sufixo “3” (PGE<sub>3</sub>, TXA<sub>3</sub>, PCl<sub>3</sub>) (ADRADE e TAVARES DO CARMO, 2006).

A formação de eicosanóides pela via da lipooxigenase leva a síntese de leucotrienos (LTs). É a enzima 5-lipooxigenase que transforma os AGE liberados dos fosfolipídios pelas fosfolipases, em leucotrienos (LTs). Os leucotrienos (LTs) derivados do ácido araquidônico recebem um sufixo “4” e os provenientes do ácido eicosapentanóico recebem o sufixo “5” (ANDRADE; TAVARES DO CARMO, 2006).

Os eicosanóides oriundos do ácido araquidônico são, portanto, da série par e são importantes mediadores bioquímicos envolvidos na infecção, inflamação, lesão tecidual, modulação do sistema imune e agregação plaquetária, estando diretamente ligados ao desenvolvimento, crescimento e metástase tumorais, *in vitro* e *in vivo* (WAITZBERG, 2010).

Os ácidos graxos  $\omega$ -3, especialmente, os eicosapentanóicos, inibem competitivamente a atividade da ciclooxigenase, resultando na menor formação de derivados do ácido araquidônico, aumentando assim, a formação de prostanóides

derivados do ácido eicosapentanóico (CHAMPE; HARVEY, 1996; ANDRADE; TAVARES DO CARMO, 2006). A grande importância desta alteração não reside apenas na variação de concentração de tais compostos, mas sim na diferença em suas atividades biológicas.

A  $PGE_3$  e o  $TXA_3$  são menos potentes do que a  $PGE_2$  e o  $TXA_2$ , sendo que a  $PCI_3$  e  $PCI_2$  não apresentam diferenças importantes em suas ações (ANDRADE; TAVARES DO CARMO, 2006).

Potentes eicosanóides pró-inflamatórios a  $PGE_2$  e  $LTB_4$  são provenientes da metabolização do ácido araquidônico pelas enzimas ciclooxigenase e lipooxigenase, respectivamente. Comparando com o ácido araquidônico, o ácido eicosapentanóico (EPA) é preferencialmente degradado pela via da lipooxigenase, o que leva a maior formação de  $LT_5$  e menos  $LT_4$ . Assim, o EPA compete com o ácido araquidônico, levando a menor formação de  $PGE_2$  e  $LTB_4$  (ANDRADE; TAVARES DO CARMO, 2006).

Todos os eicosanóides provenientes do EPA ou do dihidro-gama-linolênico apresentam efeitos fracos, menos potentes, sobre as células imunes. O DHA, embora não seja substrato para as enzimas ciclooxigenase e lipooxigenase, inibi a síntese de eicosanóides  $\omega$ -6, porém a inibição ocorre pelo fato do DHA atuar inibindo a liberação do ácido araquidônico da membrana. Desta forma, a redução da produção de eicosanóides inflamatórios a partir do DHA, EPA e dihidro-gama-linolênico é que justifica o seu uso em determinadas patologias inflamatórias, sendo seus mecanismos de ação similares a de determinadas drogas antiinflamatórias (ANDRADE; TAVARES DO CARMO, 2006).

Segundo Fornazzari et al. (2007), como a família  $\omega$ -6 produz eicosanóides inflamatórios e cancerígenos, eles aumentam o risco de situações como: câncer, morte súbita, doenças cardíacas, vasoconstrição, aumento da pressão arterial, elevação da taxa de triglicédeos, artrite, entre outras doenças inflamatórias. Já os ácidos graxos  $\omega$ -3 são antiinflamatórios, antitrombóticos, antireumatóides e reduzem os lipídios no sangue, apresentando propriedades vasodilatadoras. Estas atividades benéficas foram demonstradas na prevenção de doenças cardíacas, da hipertensão, da diabetes tipo 2, da artrite reumatóide, entre outras. Segundo o mesmo autor,

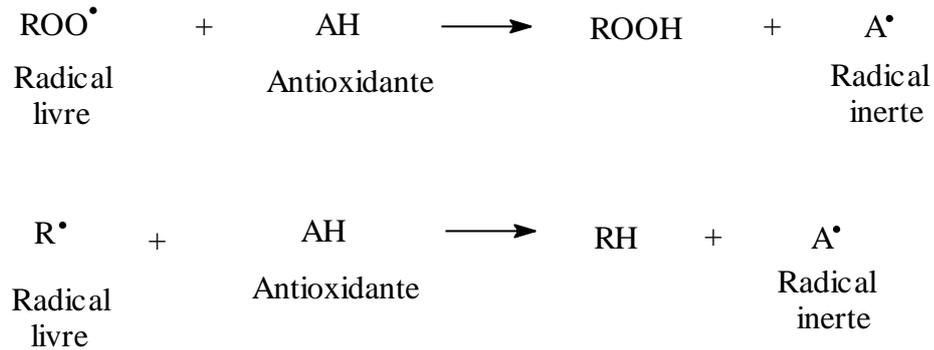
vários estudos indicaram que as doenças degenerativas como a diabete, artrite e o câncer, estão relacionadas em parte à desproporção atual da concentração dos ácidos w-6 e w-3, com grande concentração de w-6 e uma escassez de w-3.

## 7. ATIVIDADES ANTIOXIDANTES DA LINHAÇA

Conforme já abordado, as atividades antioxidantes da linhaça são decorrentes da mesma ser rica em ácidos fenólicos, cumarinas, flavonóides e lignanas, os quais apresentam ação antioxidante. Outro fator que reforça esta atividade antioxidante é a presença na semente de linhaça, do gama-tocoferol (SOARES et al., 2009; ALMEIDA; BOAVENTURA; GUZMAN-SILVA, 2009).

A inclusão de alimentos que contêm compostos antioxidantes tem sido uma recomendação constante, pois dietas equilibradas com estes alimentos garantem a diminuição do risco de aparecimento de doenças associadas ao acúmulo de radicais livres. A elevada produção de reações reativas cria o desequilíbrio entre os sistemas de defesa antioxidante, dando origem ao estresse oxidativo. As estruturas celulares, incluindo DNA, lipídios e proteínas podem sofrer danos devido a esse quadro de estresse oxidativo, o que tem sido associado a uma variedade de doenças como aterosclerose, câncer e doenças neurodegenerativas (BIANCHI; ANTUNES, 1999).

A figura 12 mostra o mecanismo de ação destes antioxidantes (antioxidantes primários). Neste mecanismo os antioxidantes (compostos fenólicos) promovem a remoção ou inativação dos radicais livres através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas interrompendo a reação em cadeia (RAMALHO e JORGE, 2006).



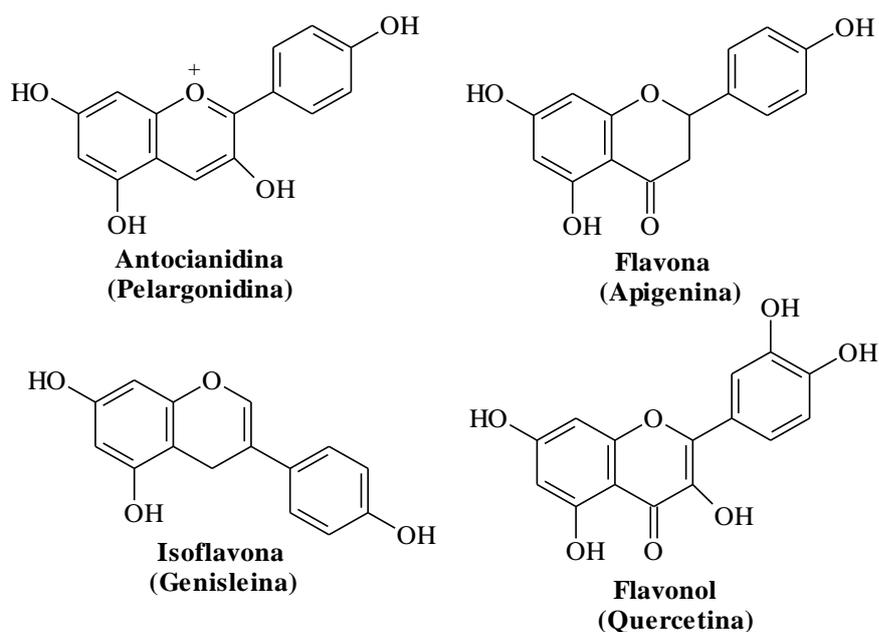
**Figura 12 - Mecanismo de ação para os antioxidantes primários (In: RAMALHO e JORGE, 2006, p.756)**

A espécie inativa para a reação em cadeia, formada pela abstração de seu hidrogênio pelos radicais livres, é estabilizada por ressonância (figura 13), não tendo a capacidade de iniciar ou propagar as reações oxidativas (RAMALHO e JORGE, 2006).



**Figura13 – Mecanismo geral de estabilização do radical inerte procedente do ácido *p*-hidroxibenzóico, um antioxidante primário.**

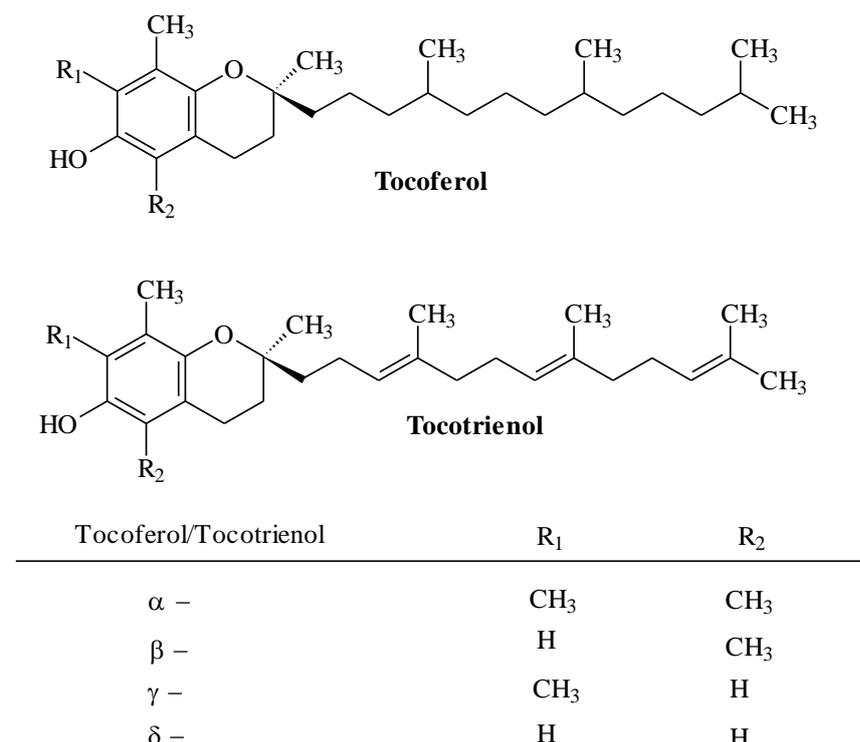
Os flavonóides (figura 14) são polifenóis que apresentam efeitos potenciais como antioxidante, impedindo a formação e até eliminando os radicais livres de nosso corpo. Estudos têm mostrado sua capacidade de seqüestro de radicais de hidroxila, superóxido e radicais peróxido lipídicos (DORNAS et al 2007). Segundo Cerqueira; Medeiros e Augusto (2007), “numerosos estudos *in vitro* indicaram que polifenóis podem efetivamente participar de processos que possam ter implicações anti-carcinogênicas e anti-aterogênicas”.



**Figura 14 – Estrutura das principais classes de flavonóides (In: CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007, P. 446)**

Os flavonóides têm aplicações em doenças como o crânio, doenças cardiovasculares e doenças neurodegenerativas, protegendo as membranas celulares da peroxidação lipídica garantindo, desta forma, a integridade e fluidez da membrana, diminuindo a formação de peróxidos imunossupressores e impedindo alterações na sinalização intracelular e função celular, mas sua maior habilidade está em bloquear as moléculas reativas de oxigênio singlete (SILVA e SOUZA, 2005).

A linhaça como sementes comestíveis apresenta considerável quantidade de tocoferol em sua fração lipídica, sendo considerada uma das fontes de vitamina E para a alimentação humana. A capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos dos radicais livres lipídicos, inibindo a oxidação é a principal característica antioxidante do tocoferol. Uma molécula de tocoferol (figura 15) pode reagir com até dois radicais peroxila e quando ocorre este tipo de reação, o tocoferol é irreversivelmente desativado (RAMALHO e JORGE, 2006).

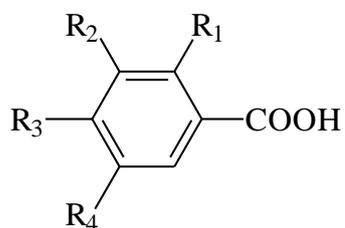


**Figura 15 – Estrutura química do tocoferol e tocotrienol (In: RAMALHO E JORGE, 2006, P. 757)**

Como sistema de defesa antioxidante do organismo, o tocoferol desempenha diversas contribuições como a proteção dos tecidos do corpo de reações que os danifiquem (peroxidação); protege as membranas biológicas, tais como as encontradas nos nervos, músculos e sistema cardiovascular; ajuda a prolongar a vida dos eritrócitos (glóbulos vermelhos); pode agir ainda como substâncias protetoras contra alguns tipos de cânceres, como o de próstata e de esôfago. Contra danos provocados pelo uso de nicotina e poluição, os tocoferóis têm apresentado bons resultados em estudo com animais (FREITAS e NAVES, 2010).

Os ácidos fenólicos são formados por um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais agrupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, estrutura que lhes conferem propriedades antioxidantes. Os ácidos fenólicos dividem-se em três grupos: o primeiro é composto pelos ácidos benzóicos (figura 16), o segundo pelos ácidos cinâmicos (figura 17) e o terceiro pelas cumarinas,

derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido *o*-cumárico (figura 18) (RAMALHO e JORGE, 2006).



Ácido salicílico: R<sub>1</sub> = OH; R<sub>2</sub> = R<sub>3</sub> = R<sub>4</sub> = H

Ácido gentísico: R<sub>1</sub> = R<sub>4</sub> = OH; R<sub>2</sub> = R<sub>3</sub> = H

Ácido *p*-hidroxibenzoico: R<sub>1</sub> = R<sub>2</sub> = R<sub>4</sub> = H; R<sub>3</sub> = OH

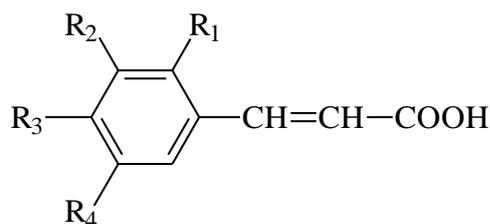
Ácido protocatequínico: R<sub>1</sub> = R<sub>4</sub> = H; R<sub>2</sub> = R<sub>3</sub> = OH

Ácido vanílico: R<sub>1</sub> = R<sub>4</sub> = H; R<sub>2</sub> = OCH<sub>3</sub>; R<sub>3</sub> = OH

Ácido gálico: R<sub>1</sub> = H; R<sub>2</sub> = R<sub>3</sub> = R<sub>4</sub> = OH

Ácido siríngico: R<sub>1</sub> = H; R<sub>2</sub> = R<sub>4</sub> = OCH<sub>3</sub>; R<sub>3</sub> = OH

**Figura 16 – Estrutura química dos ácidos benzóicos (In: RAMALHO e JORGE, 2006, p. 758)**



Ácido cinâmico:  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = H$

Ácido *o*-cumárico:  $R_1 = OH$ ;  $R_2 = R_3 = R_4 = H$

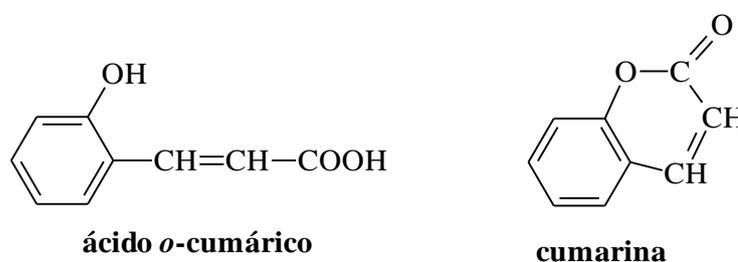
Ácido *m*-cumárico:  $R_1 = R_3 = R_4 = H$ ;  $R_2 = OH$

Ácido *p*-cumárico:  $R_1 = R_2 = R_4 = H$ ;  $R_3 = OH$

Ácido caféico:  $R_1 = R_4 = H$ ;  $R_2 = R_3 = OH$

Ácido ferúlico:  $R_1 = H$ ;  $R_2 = R_4 = OCH_3$ ;  $R_3 = OH$

**Figura 17 – Estrutura química dos principais ácidos cinâmicos (In: RAMALHO e JORGE, 2006, p. 758)**

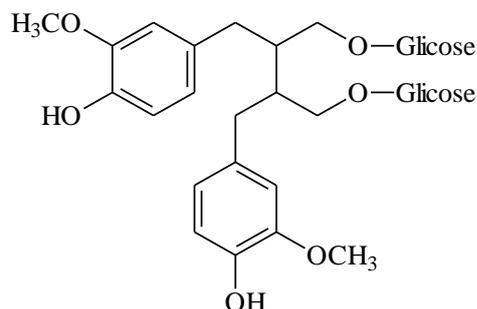


ácido *o*-cumárico

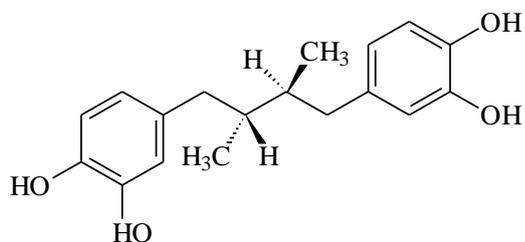
cumarina

**Figura 18 – Estrutura química das cumarinas (In: RAMALHO e JORGE, 2006, p. 758)**

Alguns compostos fenólicos se apresentam em forma de polímeros, como o caso da lignana. Encontra-se nas sementes de linhaça a maior fonte alimentar de lignana. Estima-se que 11,8 g desta semente ingerida forneçam 14,8  $\mu\text{mol}$  de lignana por dia. Entre as lignanas foi identificado o diglucosídeo seicoisolariciresinol (figura 19), potente em decorrência da sua semelhança na estrutura química com o ácido nordihidroguaiarético (NDGA) (figura 20), conhecido como um antioxidante eficaz.



**Figura 19 – Estrutura do diglucosídeo seicoisolaricresinol (In: KUIJSTEN et al., <http://jn.nutrition.org/cgi/content/full/135/4/795>, 2010)**



**Figura 20 – Estrutura do ácido nordihidroguaiarético (In: <http://jdguzmanv.tripod.com/dibencilbutanos.htm>, 2010)**

Segundo Almeida, Boaventura e Guzman-Silva (2009), a atividade antioxidante das lignanas na linhaça funcionaria não apenas inativando os radicais livres e as espécies reativas de oxigênio, mas também, atuando indiretamente *in vivo* nos sistemas antioxidantes endógenos, como da enzima glutatona (GSH).

## **8. LINHAÇA COMO FONTE DE ÁCIDOS GRAXOS ESSENCIAIS: UM TEMA PARA O ENSINO DE ÁCIDOS GRAXOS**

Segundo Cavalcanti et al. (2010), “um dos maiores desafios no ensino de Química, nas escolas de nível fundamental e médio, é construir uma ponte entre o conhecimento escolar e o mundo cotidiano dos estudantes”. A não utilização de alguns recursos fundamentais para aliar a aplicação no cotidiano com a teoria dificulta o aprendizado e o interesse dos alunos (OLIVEIRA; MARTINS; APPEIT, 2010).

No ensino médio, o professor é o principal responsável pela aprendizagem e é em grande parte por causa dele que os alunos passam a conhecer ou continuam a ignorar a química. O uso de jogos didáticos, exemplos de práticas do cotidiano e dinâmicas envolvendo conteúdos temáticos, são grandes aliados na conquista de atenção e participação dos alunos nesta disciplina considerada pesada e de difícil compreensão (ROMANELLI, 1996). Para que possa formar toda a estrutura de conhecimento de química é necessário conhecer e entender as aplicações das teorias e conceitos, somente desta forma o conhecimento de química será sólido e constante (BENITE; BENITE, 2009).

Uma das melhores maneiras de motivar os jovens na busca por conhecimentos científicos é aproximar a ciência do cotidiano. Assim, abordar propriedades químicas envolvidas em alimentos como a linhaça e como os benefícios da ingestão diária desta oleaginosa, rica em ácidos alfa-linolênico e ácido linoléico, pode trazer benefícios aos seres humanos é uma forma de abordar o tema ácidos graxos, envolvendo a ciência e o cotidiano (CARDOSO, 2000).

A linhaça é uma das sementes mais tradicionais, por causa da utilização de suas fibras em produtos têxteis, mas o maior interesse nesta oleaginosa está no elevado teor de ácidos graxos que a mesma apresenta. Resultados analíticos identificaram que 58% da semente são ácidos graxos da família ômega-3, cerca de 18% de ácidos graxos monoinsaturados e 8% são de ácidos graxos saturados (TRUCOM 2006).

O conteúdo didático da aula sobre ácidos graxos pode ser embasado no conhecimento dos ácidos graxos das famílias ômega-3 e ômega-6, os quais se tornaram um diferencial na alimentação a partir da década de 70, visto que vários estudos garantem que a presença destes ácidos em alimentos como a linhaça, torna a alimentação mais rica e saudável (ANDRADE; CARMO, 2006).

Pode-se então, iniciar o estudo destes ácidos graxos descrevendo que a linhaça é rica nestes compostos e abordar todos os benefícios à saúde humana que esta oleaginosa concede. Depois é possível definir que ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas de 4 a 36 átomos de carbono que podem apresentar cadeia saturada, a qual não contém dupla ligação entre carbonos, ou cadeia insaturada, com uma ou mais duplas ligações entre carbonos. Pode-se ainda abordar que as propriedades físicas dos ácidos graxos e dos compostos que os contêm são amplamente determinadas pelo comprimento e pelo grau de insaturação da cadeia hidrocarbônica (LEHNINGER et al, 1998) e que dependendo da disposição no espaço desta insaturação pode ocorrer a formação de dois isômeros geométricos: o *cis* e o *trans*. No isômero *cis* os átomos de hidrogênio estão do mesmo lado da ligação dupla, não isômero *trans* em lado oposto. Em virtude da tensão provocada por dois segmentos volumosos presentes do mesmo lado da ligação dupla, os isômeros *cis* são termodinamicamente menos estáveis (SOLOMONS, 1996). Seria importante salientar também aos alunos que a presença de insaturação na cadeia hidrocarbônica dificulta a interação intermolecular, fazendo com que, em geral, estes ácidos graxos insaturados se apresentem a temperatura ambiente no estado líquido. Já os saturados, que possuem maior facilidade desta interação, apresentam-se no estado sólido (DELATTRE, 2008). Na natureza a maioria dos insaturados tem configuração “*cis*”, o que provoca ainda mais, a diminuição do ponto de fusão (menor empacotamento).

A classificação de acordo com o número de átomos na cadeia carbônica, também pode ser tratada e mostrando que os ácidos graxos podem ser (SANTOS, 2006):

- a) Ácidos graxos de cadeia curta (4-6 carbonos);
- b) Ácidos graxos de cadeia média (8-12 carbonos);

c) Ácidos graxos de cadeia longa (14-18 carbonos) e d) Ácidos graxos de cadeia muito longa (20 carbonos ou mais).

É possível também descrever que as famílias  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 representam a subdivisão dos ácidos graxos, de acordo com a posição da primeira insaturação da cadeia carbônica em relação à extremidade metila (ômega), com a primeira insaturação no sexto e terceiro carbono, respectivamente, enumerado a partir do grupo metil terminal (figura 7) (DELATRE, 2008).

A notação utilizada para identificar a estrutura de um ácido graxo pode ser abordada, mostrando que primeiro é descrito o número de átomos de carbono, seguido de dois pontos e depois um número que indica quantas ligações duplas estão presentes na molécula e a posição que a primeira dupla ligação ocupa na sua estrutura a partir do grupo terminal metila ( $\text{CH}_3$ ). Pode-se utilizar como exemplo, a notação apresentada na figura 4: 18:2n-6, ou seja,

18 → contém 18 carbonos;

2 → contém duas duplas ligações;

n-6 → a primeira ligação está localizada no carbono 6, a partir do grupo metila (ômega-6 ou  $\omega$ -6) (WAITZBERG, 2010).

É importante também trabalhar com os alunos termo ácidos graxos essenciais e dizer que eles são ácidos graxos poliinsaturados, que são obtidos por meio da dieta, pois os seres humanos não podem biossintetizá-los, já que não possuem enzimas dessaturases específicas ( $\Delta$ -15 e  $\Delta$ -12 dessaturase), sendo estes necessários para a saúde dos animais, incluindo o homem (DELATTRE, 2008; FRANCO, 2007). Por fim, seria interessante apresentar outras fontes alternativas destes ácidos graxos essenciais, seja de origem animal ou vegetal.

## 9. CONCLUSÃO

Dados da literatura indicaram que a linhaça é um alimento funcional, já que além de conter propriedades nutricionais, produz efeitos metabólicos e fisiológicos benéficos à saúde. As atividades biológicas são decorrentes da mesma ser fonte de vitaminas, flavonóides, lignanas, ômega 3, ômega 6, fibras solúveis e insolúveis, fósforo e magnésio.

Estudos mostraram serem diversificados os seus benefícios, podendo auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares, determinados tipos de câncer, redução de processos inflamatórios. Além disso, pode atuar também como antioxidante, no retardamento do esvaziamento gástrico e no tempo de transito intestinal, podendo ainda absorver a glicose e o colesterol, dificultando a sua liberação na corrente sanguínea. É benéfica para o metabolismo cerebral e da glândula pineal.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Kátia Calvi Lenzi; BOAVENTURA, Gilson Teles; GUZMAN-SILVA, Maria Angélica. A linhaça (*Linum usitatissimum*) como fonte de ácido  $\alpha$ -linolênico na formação da bainha de mielina. **Revista de Nutrição**, v. 22, nº 5, 2009, p. 747-754.

ANDRADE, Priscila de Mattos Machado; CARMO, Maria das Graças Tavares do. Ácidos Graxos n-3: um link entre eicosanóides, inflamação e imunidade, **MN-Metabólica**, v.8, nº. 3, junho/setembro, 2006, p. 135-143.

BARBOSA, Alisson. **A linhaça (*Linum usitatissimum*) e suas Características peculiares**. Trabalho Acadêmico, 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/a-linhaca-linum-usitatissimum-l-e-suas-caracteristicas-peculiares-doc-a53659.html>>. Acesso em: 31 de mai. 2010.

BENITE, Anna Maria Canavarro; BENITE, Claudio Roberto Machado. O laboratório didático no ensino de química: uma experiencia no ensino público brasileiro. **Revista Iberoamericana de Educación, ISSN: 1681-5653**, n.º 4 8/2 – 10 de enero de 2009.

BIANCHI, Maria L. P.; ANTUNES, Lusania M. G. Radicais livres e os principais oxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v.12, nº 2, maio/ago, 1999, p. 123-130.

CARDOSO, Sheila P. Colinvaux. Explorando a motivação para estudar química. **Química Nova**, v. 23, nº 3, maio/junho, 2000, p. 401-404.

CARRARA, Cristina L.; ESTEVES, Ana Paula; GOMES, Rafael T.; GUERRA, Luanda L. Uso da Semente de Linhaça como Nutracêutico para Prevenção e Tratamento da Aterosclerose. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 6, nº 4, 2009, p. 1-9.

CARVALHO, Hudson Wallace Pereira de; BATISTA, Ana Paula de Lima; RIBEIRO, Claudia Maria. Ensino e aprendizado de química na perspectiva dinâmico-interativa. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 2, nº 3, 2007, p.34-37.

CAVALCANTI, Jaciene Alves; FREITAS, Juliano Carlo Rufino de; MELO, Adriana Cristina Nascimento de; FILHO, João R. de Freitas. Agrotóxicos: Uma Temática para o Ensino de Química, **Química Nova na Escola**, v. 32, nº 1, fevereiro, 2010, p. 31-36.

CERQUEIRA, Fernanda Menezes; MEDEIROS, Marisa helena Gennari de; AUGUSTO, Ohara. Antioxidantes Dietéticos: Controvérsias e Perspectivas, **Química Nova**, v. 30, 2007, p. 441-449.

CHAMPE, Pamela C.; HARVEY, Richard. **Bioquímica Ilustrada**, 2ª ed., Porto Alegre: Artes Médicas Sul (ARTMED), 1996.

**Dibencilbutanos.** Disponível em:  
<<http://jdguzmanv.tripod.com/dibencilbutanos.htm>>. Acesso em 24 out. de 2010

DORNAS, W. C.; RODRIGUES-DAS-DORES, RG; SANTOS, A.F. Flavonóides: potencial terapêutico no estresse oxidativo. **Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.**, v. 28, n.3, 2007, p. 241- 249.

FORNAZZARI, Isis Mariane; SANTOS, Gracielen Ribeiro dos; OLEGÁRIO, Tiago Gomes, SANTOS, Josimara Terebejzyk dos; BORTOLOZO, Eliana Queiroz. Ácido Graxo Ômega 3 e a Saúde Humana. **V Semana de Tecnologia em Alimentos**, ISSN: 1981-366X/ v.02, n. 01. 21 a 25 de maio, 2007.

FRANCO, Elenice Zucuni. **Efeito do Ácido Linoléico Conjugado na Dieta de Matrizes de Corte e sua Progênie**. 2007. 45p. Dissertação (Mestrado)-Centro de Ciências Rurais-Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

FREITAS, Juliana Borges; NAVES, Maria M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, v. 23, nº 2, 2010, p. 269-279.

GALVÃO, Elisângela Lopes; DA SILVA, Débora Fernandes; DA SILVA, Jamile Oliveira. Avaliação do potencial antioxidante e extração subcrítica do óleo de linhaça. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, nº 3, julho-setembro, 2008, p. 551-557.

KUIJSTEN, Anneleen; ARTS, Ilja C. W.; VREE, Tom B.; HOLLMAN, Peter C. H. **Pharmacokinetics of Enterolignans in Healthy Men and Women Consuming a Single Dose of Secoisolariciresinol Diglucoside**, 2005. Disponível em: <<http://jn.nutrition.org/cgi/content/full/135/4/795>>. Acesso em: 24 out. de 2010.

MARQUES, Anne Y Castro. **Propriedades Funcionais da Linhaça (Linum usitatissimum L.) em Diferentes Condições de Preparo e de Uso em Alimentos**. 2008. 114p. Dissertação (Mestrado)-Centro de Ciências Rurais - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2008.

MORAES, Fernanda P.; COLLA, Luciane, M. Alimentos Funcionais e Nutracêuticos: Definições, Legislação e Benefícios à Saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, nº 2, 2006, p. 109-122.

OLIVEIRA, Julieta Saldanha de; MARTINS, Márcio Marques; APPEIT, Helmoz Rosenlalm. Trilogia: química, sociedade e consumo. **Química Nova na Escola**. v. 32, nº 3, 2010, p. 140-144.

PERREIRA, Regina. Linhaça é super. Disponível em: <[http://saude.abril.com.br/edicoes/0268/nutricao/caanteudo\\_108464.shtml](http://saude.abril.com.br/edicoes/0268/nutricao/caanteudo_108464.shtml)>. Acesso em: 31 de mai. 2010.

POSSAMAI, Thamy Nakashima. **Elaboração do Pão de Mel com Fibra Alimentar Proveniente de Diferentes Grãos, sua Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Sensorial**. 2005. 69p. Dissertação (Mestrado)-Setor de Tecnologia-Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba, 2005.

RAMALHO, Valéria Cristina; JORGE, Neusa. Antioxidantes Utilizados em Óleos, Gorduras e Alimentos Gordurosos, **Química Nova**, v. 29, nº 4, 2006, p. 755-760.

ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito de átomo. **Química Nova na Escola**, nº 3, maio, 1996, p.27-31.

SANTOS, Fabíola Goettems. Linhaça (*Linum usitatissimum* L.), fonte de lignanas, utilizadas no controle de câncer de mamas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 12º e 10º, 2008, Pelotas, Brasil. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CS/CS00708.pdf>. Acesso em: 31 de mai. 2010.

SILVA e SOUZA, **Flavonóides com capacidade antioxidante**, 2005, Disponível em: [http://www.vitaminas.bayer.pt/scripts/pages/pt/vitaminas/vitamina\\_e/index.php](http://www.vitaminas.bayer.pt/scripts/pages/pt/vitaminas/vitamina_e/index.php). Acessado em: 14 out. de 2010.

SOARES, Lavínia Leal; PACHECO, Juliana Tomaz; BRITO, Carolina Meano; TROINA, Aline de Andrade; BOAVENTURA, Gilson Teles; GUZMÁN-SILVA, Maria Angélica. Avaliação dos Efeitos da Semente de Linhaça quando Utilizada como Fonte de Proteína nas Fases de Crescimento e Manutenção em Ratos. **Revista de Nutrição**, v. 22, nº 4, julho/agosto, 2009, p. 483-491.

SOLOMONS, T. W. G. **Química Orgânica**, v. 2, 6ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996.

TRUCOM, Conceição. **A importância da linhaça na saúde**. São Paulo: Alaúde, 2006.

WAITZBERG, Dan L. **Ômega-3: o que existe de concreto?** Disponível em: <[WWW.anway.com.br/downloads/misc/Monografias\\_omega3.pdf](http://WWW.anway.com.br/downloads/misc/Monografias_omega3.pdf)>. Acesso em: 31 de maio de 2010.