

**SELÊNIO: FONTES ALIMENTARES E ESTADO NUTRICIONAL**

**JAQUELINE BATISTA DA SILVA**  
(Mestranda)

**KARLA SILVA FERREIRA**  
(Orientadora)

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE**  
**DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ**  
**JULHO – 2009**

**Universidade Estadual do Norte Fluminense  
Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias  
Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese de Mestrado

**SELÊNIO: FONTES ALIMENTARES E ESTADO NUTRICIONAL**

elaborada por  
**Jaqueline Batista da Silva**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Produção Vegetal**

**COMISSÃO ORGANIZADORA:**

---

**Prof<sup>ª</sup> Dr. Karla da Silva Ferreira (UENF)**  
**Orientadora**

---

**Prof<sup>ª</sup> Dra. Nádia Rosa Pereira (UENF)**

---

**Prof<sup>ª</sup> Dr. Victor Haber Perez (UENF)**

---

**Prof<sup>º</sup> Dr. José Carlos Gomes (UFV)**

**Campos , 17 de julho de 2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO  
VEGETAL**

**SELÊNIO: ESTADO NUTRICIONAL E FONTES ALIMENTARES**

**Jaqueline Batista da Silva**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Área de Concentração de Produtos Naturais e Constituintes Químicos, da Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF, RJ), como requisito parcial à obtenção do grau de **Mestre em Produção Vegetal**.

Orientadora: Prof. Dr Karla Silva Ferreira

**Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil  
2009**

A cada dia que vivo mais me convenço  
que o desperdício da vida está no amor  
que não damos, nas forças que não  
usamos, na prudência egoísta que nada  
arrisca, e que esquivando-nos do  
sofrimento perdemos a felicidade.

(Carlos Drumond Andrade)

## AGRADECIMENTOS

À minha família, pela dedicação, amor, incentivo e apoio nos momentos difíceis. Em especial aos meus pais, que nunca me deixaram desistir de estudar e me aperfeiçoar profissionalmente;

À Prof. Karla, primeiramente pela disponibilidade, confiança e pelas portas abertas em seu laboratório para o desenvolvimento desta tese. Pela amizade conquistada dentro e fora do laboratório, pelas lições de vida e aprendizado ao longo destes anos. Extensivo à sua família pelo carinho e amizade;

À Dra Laura e Sheila do Hemocentro de Campos e toda equipe de enfermeiros, assistentes sociais e funcionários, pela contribuição, ajuda e receptividade, sem os quais não seria possível realizar essa pesquisa;

Ao meu ex-professor da graduação Armando Sabaa-Srur, inspiração na minha vida acadêmica e pela orientação durante a Iniciação Científica na UFRRJ. Pelos ensinamentos, confiança, momentos de descontração, ajuda e pela grande amizade. Obrigada por todo apoio e carinho;

À Prof. Selma pela contribuição na parte estatística. Pela paciência, bom humor e dedicação;

Às valiosas amigas que conquistei, Juliana, Fernanda, Fernando e principalmente a Neila, pela ajuda, carinho, cumplicidade e por dividir os momentos de stress;

A Valdinéia uma pessoa admirável, pela disposição em ajudar sempre, pelo zelo, parceira de bancada e amizade;

À equipe técnica do LCA, principalmente ao Marcelo, Beatriz e Prof. Carlos Resende pela ajuda na fase inicial dos trabalhos;

A todo o pessoal do laboratório pelo ótimo convívio e clima de trabalho, sem contar os momentos de descontração. E também dos demais laboratórios com quem interagi durante o mestrado, e que de certa forma contribuíram para este trabalho;

Ao Prof. José Carlos (UFV) e sua equipe técnica por ter aberto as portas do seu laboratório para realizar uma parte das análises, imprescindível contribuição;

À equipe técnica do LCA, principalmente ao Marcelo, Beatriz e Prof. Carlos Resende pela ajuda na fase inicial dos trabalhos;

Às amigas Eliane e Manuelle pela ajuda nos momentos de aperto. Sou muito grata.

## RESUMO

### SELÊNIO: FONTES ALIMENTARES E ESTADO NUTRICIONAL

O selênio é um constituinte de várias enzimas, incluindo algumas com funções antioxidantes como a glutathione peroxidase e tireoiodoxina redutase, que removem hidroperóxidos formados durante o metabolismo oxidativo. A glutathione peroxidase controla o nível intracelular de hidrogenoperóxidos, reduzindo a formação de espécies reativas de oxigênio que podem induzir a peroxidação lipídica, com danos às membranas celulares. Uma boa ingestão de selênio é de 24-36 µg/dia, para homens e mulheres, respectivamente. A toxicidade do selênio é acima de 400 µg/dia e associada com danos ao fígado, rins, pele e articulações. E acima de 2000 µg/dia causa amarelamento dos dentes, pele com descoloração pálida, erupção cutânea, artrite crônica, doenças nas unhas e edema subcutâneo. Esta pesquisa teve o objetivo de identificar as principais fontes alimentares de selênio da Região Norte Fluminense e avaliar os teores de selênio no sangue de um grupo populacional desta Região, no caso, doadores de sangue. O teor de selênio foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica com gerador de hidretos. A análise estatística dos dados foi feita pela análise de variância e as diferenças foram consideradas significativas quando  $p < 0,005$ . As principais fontes alimentares de selênio na Região são os peixes e carnes de frango e boi, cujos teores de selênio variaram entre (4,1 a 49,2) µg/100 gramas. Derivados de trigo, de leite, ovos, arroz e feijão também são fontes deste elemento (1,0 a 19,6) µg/100 gramas. As frutas e hortaliças, de modo geral, possuem de zero a menos que 1 µg /100 gramas de alimento. O teor médio de selênio no sangue dos doadores foi de  $(70 \pm 2)$  ng.mL<sup>-1</sup>, com amplitude de (80 a 90) ng.mL<sup>-1</sup>, não havendo diferença significativa entre sexo, idade e localidade. Estes valores são inferiores aos detectados em diversos países, inferiores aos preconizados por alguns autores para a plena atividade das selenoproteínas, mas condizentes com os estipulados pela Organização Mundial de Saúde.

Palavras-chave: Consumo alimentar, composição de alimentos, estado nutricional, Região Norte Fluminense, valor nutritivo de alimentos, deficiência nutricional.

## ABSTRACT

### SELENIUM: FOOD FOUNTAIN AND NUTRITIONAL STATUS

Selenium represents several enzymes, including some with antioxidant functions as the glutathione peroxidase and thioredoxin reductase, that remove hydroperoxide formed during the oxidative metabolism. The glutathione peroxidase controls the intracellular hydrogen peroxide level, reducing the formation of species reactivates of oxygen that can induce the lipidic peroxidation, with damages to the cellular membranes. A good selenium ingestion is of 24-36 µg/day, for men and women, respectively. The toxicity of the selenium is above 400 µg/day and associated with damages to the liver, kidneys, skin and articulations. And above 2000 µg/day it causes the yellowing of the teeth, skin with pale discoloration, cutaneous eruption, chronic arthritis, diseases in the nails and subcutaneous edema. This research had as objective to identify the main alimentary sources of selenium of the North Part of Rio de Janeiro State and to evaluate the selenium contents in the blood of a population group of this Area, in this case, donors of blood. The selenium content was determined by spectrophotometry of atomic absorption with hydride generator. The statistical analysis of the data was made by the variance analysis and the differences were considered significant when  $p < 0,005$ . The main alimentary sources of selenium in the Area are the fish and chicken meats and ox, whose selenium contents varied among (4,1 to 49,2) µg/100 grams. Derived of wheat, of milk, eggs, rice and bean are also sources of this element (1,0 to 19,6) µg/100 grams. The fruits and vegetables, in general, possess from zero to unless 1 µg /100 grams of food. The medium content of selenium in the donors' blood was of (70±2) ng.mL<sup>-1</sup>, with width of (80 to 90) ng.mL<sup>-1</sup>, not having significant difference among sex, age and place. These values are inferior to the detected at several countries, inferior to the extolled by some authors for the full activity of the selenoprotein, but suitable with the stipulated by the World Organization of Health.

Key-words: food consumption, composition of foods, nutritional state, North Part of Rio de Janeiro State, nutritional value of foods, nutritional deficiency.

## **LISTA DE FIGURAS.**

<b>Figura 1:</b> Tabela Periódica dos elementos químicos	06
<b>Figura 2:</b> Fatores exógenos que provocam produção de radicais livres nas células	09
<b>Figura 3:</b> Formação e conseqüências de oxidantes e radicais livres dentro da célula.	11
<b>Figura 4:</b> Várias reações de formação dos radicais livres	11
<b>Figura 5:</b> Redução tetravalente do oxigênio molecular ( $O_2$ ) até a formação de água ( $H_2O$ ).	12
<b>Figura 6:</b> Representação da lipoperoxidação na célula	13
<b>Figura 7</b> Estrutura molecular da metionina, selenometionina e selenocisteína	17
<b>Figura 8:</b> Metabolismo do selênio a partir de fontes nutricionais e as formas de excreção	28
<b>Figura 9:</b> Espécies de cogumelos que acumulam selênio	31
<b>Figura 10:</b> Processo de absorção atômica	32
<b>Figura 11:</b> Esquema interno do espectrofotômetro de absorção atômica	33
<b>Figura 12:</b> A chama no processo de absorção atômica e diversas faixas de temperatura	34
<b>Figura 13:</b> Espectrofotômetro de absorção atômica com gerador de hidretos	35
<b>Figura 14</b> :Fluxograma da técnica para o preparo das amostras para a leitura dos teores de selênio.	40
<b>Figura 15:</b> Padronização interna de padrão de selênio a uma amostra conhecida.	41
 <b>Equações</b>	
Equação 1 e 2	16
Equação 3	17

## **LISTA DE TABELAS.**

<b>Tabela 1-</b> Propriedades químicas do selênio	06
<b>Tabela 2</b> - Principais espécies químicas de selênio de importância biológica	08
<b>Tabela 3</b> – Principais selenoproteínas e suas funções nos animais	15
<b>Tabela 4-</b> Algumas técnicas de análise de selênio	35
<b>Tabela 5-</b> Perfil dos doadores entrevistados com relação à idade, ao sexo e localidade	43
<b>Tabela 6</b> - Teores de selênio dos principais alimentos consumidos pelos doadores de sangue do Hemocentro do município de Campos dos Goytacazes, RJ	45
<b>Tabela 7</b> – Teores de selênio nos alimentos em vários países incluindo os da região Norte Fluminense – RJ – Brasil	49
<b>Tabela 8</b> - Frequência de consumo dos alimentos versus porcentagem de doadores que citaram o referido alimento Cardápio utilizado para estimativa da ingestão diária de selênio pelos doadores de sangue do Hemocentro	51
<b>Tabela 9</b> - Teores de selênio detectados no sangue dos doadores de sangue ( $\mu\text{g/g}$ ) do Hemocentro de Campos dos Goytacazes, RJ	53
<b>Tabela 10</b> - Cardápio utilizado para estimativa da ingestão diária ideal de selênio através dos alimentos mais citados pelos doadores de sangue do Hemocentro	58

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b>	v
<b>RESUMO</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	viii
<b>LISTA DE TABELAS</b>	xi
<b>1- INTRODUÇÃO</b>	
1.1- Introdução	1
<b>2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	4
2.1 - A importância dos minerais	4
2.2 Selênio	5
2.3 Fontes, transporte e distribuição no meio ambiente	7
2.4 - Função antioxidante	9
2.5 – Selenoproteínas	14
2.5.1 – Glutathione Peroxidase	17
2.6 – Doenças relacionadas ao Selênio	19
2.7 – Intoxicação por Selênio -	23
2.8 - Selênio no sangue	24
2.9 –Fontes de Selênio	25
2.10 – Biodisponibilidade do Selênio	26
2.11 – Metabolismo de Selênio	29
2.12 – Selênio nos Compostos Biológicos	33
2.13 – Associação entre o Selênio e Vitamina E	34
2.14 – Técnicas de Análise de Selênio	35
2.15 – Digestão da Matéria Orgânica	40
<b>3 – MATERIAIS E MÉTODOS</b>	41
3.1 – Coleta das amostras de sangue dos doadores	41
3.2 – Coleta dos alimentos	38
3.3 - Análise de selênio	42
3.3.1 – Preparo das amostras	42
3.3.2 – Leitura dos teores de selênio nas soluções	44
3.4 – Sugestão de cardápio para os doadores de sangue que possa lhes fornecer a quantidade ideal de selênio	45
3.5 – Comparação dos resultados com os dados da literatura	46
3.6 – Análise Estatística	46
<b>4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	47
4.1 Teores de selênio nos alimentos mais consumidos pelos doadores de sangue do hemocentro de campos dos goytacazes, RJ	47
4.2- Frequência de consumo de alimentos pelos doadores de sangue	54
4.3 -Teores de selênio no sangue dos doadores de sangue do hemocentro de Campos dos Goytacazes, RJ	57
<b>5 -CONCLUSÃO</b>	65
<b>6 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA</b>	67
<b>7 - APÊNDICES</b>	

## 1- INTRODUÇÃO

O primeiro entendimento real da fisiologia básica para o requerimento nutricional de selênio não ocorreu até 1973, quando foi mostrado que o selênio era um componente essencial para certas enzimas, por exemplo a glutathiona peroxidase (GPx) (MOGHADASZADEH & BEGGS, 2006). Pelo fato de atuar principalmente, como antioxidante ligado às selenoproteínas, esta é sua função mais conhecida.

Os homens possuem níveis de selênio no sangue mais elevados que as mulheres, analogamente ao ferro e chumbo. Esta diferença pode estar associada à maior quantidade de massa muscular nos homens. A quantidade encontrada no sangue humano é, em média, de 100 ng/mL, mas isso pode variar em função da idade, fatores médicos e região na qual o indivíduo vive, visto que há grande variação nos teores de selênio nos alimentos de diferentes regiões (CLACK, 2007).

Sua deficiência é responsável por cardiomiopatia, distrofia muscular e desordens na reprodução em várias espécies animais. Nesse contexto, deve-se mencionar a doença de *Keshan*, que afeta fundamentalmente crianças e produz

importantes transtornos no ritmo cardíaco, levando freqüentemente à morte, e o mal de *Kashin e Beck*, que ocasiona desordens graves no desenvolvimento ósseo, produz deformações nas articulações e gera fraqueza muscular (BARAN, 2005).

Desde que a essencialidade do selênio para a saúde humana se tornou conhecida, passou-se a avaliar a quantidade de selênio presente nos alimentos. A ocorrência deste microelemento nos alimentos depende das características do solo, por exemplo: acidez, elevadas concentrações de óxidos adsortivo e o uso de fertilizantes contendo enxofre. Existe grande variação do teor de selênio em toda a crosta terrestre, e como conseqüência, o teor de selênio nos alimentos é heterogêneo.

Infelizmente no Brasil, as tabelas de composição dos alimentos mais utilizadas até o momento são deficientes em dados sobre alguns minerais, sobretudo o selênio. A concentração de selênio nos alimentos depende ainda dos hábitos alimentares e o método de preparação dos alimentos. Frutas e hortaliças têm sido apontadas como pobres em selênio e, além disso, uma fração significativa deste elemento pode ser perdida durante o cozimento com água (ALEIXO & NÓBREGA, 2000).

Alimentos de origem animal são as mais seguras fontes alimentares de selênio, como carnes, peixes e laticínios. A ingestão de uma dieta equilibrada satisfaz às necessidades diárias. Institute Of Medicine (IOM - 2000) estabeleceu que a RNI (Recommended Nutrients Intake) é de 55-65 µg/dia, para homens e mulheres, respectivamente. Contudo, a referência mais atual, WHO/FAO (2001), recomenda a ingestão diária de 34 µg/dia para homens de 65 kg e 26 µg,/dia para mulheres com 55 kg.

Porém, o excesso de selênio no organismo também é prejudicial. A intoxicação por selênio é comumente chamada de selenose crônica ou doença alcalina do gado, muito comum em solos selenoferrosos, apresentando alguns sintomas, por exemplo; indigestão, desnutrição e mais pronunciado perdas na integridade dos dentes e aspecto amarelado da pele (GHISLENI, 2006). A quantidade encontrada no sangue humano é, em média, de 100 ng/mL, mas isso

pode variar em função da idade, fatores médicos e região na qual o indivíduo vive (CLARK, 2007).

O Hemocentro da cidade de Campos dos Goytacazes atende aos municípios da região Norte/Noroeste Fluminense. Possui uma estrutura adequada, equipamentos modernos e um quadro de profissionais capacitados. Todo sistema de trabalho tem certificação ISO 9000. Antes da doação de sangue, cada indivíduo passa por uma triagem para verificar se o mesmo está apto à doação. A quantidade de doadores aptos fica em torno de 1200-1500/mês.

Esta pesquisa teve o propósito de avaliar os teores de selênio no sangue dos doadores de sangue do hemocentro de Campos dos Goytacazes, RJ e identificar as principais fontes alimentares de selênio dos mesmos.

Os resultados deste estudo comprovaram que mais da metade da população estudada possui níveis de selênio abaixo da quantidade preconizada pela Organização Mundial de Saúde para garantir a função antioxidante das selenoproteínas. Estes dados justificam a importância de se desenvolver mais estudos, inclusive em outras regiões do país, tanto com relação ao selênio quanto com outros micronutrientes essenciais, além de medidas interventivas visando a correção destas deficiências nutricionais.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 - A IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS**

O stress oxidativo pode ser agravado pela falta de defesas antioxidantes ou por um aumento das reações oxidativas no organismo. Se esse desequilíbrio se prolonga pode causar doenças no indivíduo tais como: doenças cardiovasculares, câncer e desordens neurológicas e endócrinas. Portanto, um equilíbrio entre oxidação e antioxidantes é fundamental para manutenção da saúde. O conhecimento do mecanismo de produção e as atividades endógenas dos antioxidantes podem ser avaliados pela ingestão de alimentos ou suplementos (CORNELLI, 2009).

O atual desafio das pesquisas é aumentar o conteúdo de microminerais nos alimentos, o que pode ser atingido por melhoramento genético ou pelo melhor uso do solo. A Food and Agriculture Organization on the United States – FAO (2001) considera que maior valor nutritivo, particularmente de minerais, pode ser obtido por meio da correção do solo empobrecido de nutrientes, desgastado pela

erosão, pelo ajuste do pH e pelo suprimento correto de minerais essenciais ao desenvolvimento vegetal. O aumento no consumo de produtos orgânicos, motivado pela influência da Revolução Verde, também é um dos fatores positivos no aumento do teor de micronutrientes nos cereais e vegetais.

Dados sobre teores de minerais em alimentos, especificamente micronutrientes como zinco, ferro, cobre e selênio, são escassos nos bancos de dados de composição de alimentos (SOUTHGATE, 1992).

## **2.2 – SELÊNIO**

O selênio foi identificado como uma nova substância em 1817 por Jons Jacob Berzelius quando estudou um método para preparar ácido sulfúrico a partir de rochas sulfurosas. Foi produzido um precipitado de cor vermelho amarronzado, o qual ele chamou de Selenium, que significa Lua, em grego. Outra história relatada é que Marco Pólo, durante sua viagem na China no século XIII, relatou uma doença no casco dos cavalos que mais tarde foi identificada como selenose (MARTINEZ E CHARLET, 2009).

O selênio possui distribuição desigual sobre a crosta da terra, o que resulta em regiões com níveis naturais muito baixos ou muito elevados de selênio no solo (Environmental Health Criteria - EHC, 1987).

A partir de 1936, as pesquisas com selênio intensificaram-se em decorrência de vários incidentes de intoxicação em humanos e animais domésticos de certas regiões na China, Estados Unidos e Venezuela que possuem solos selenoferrosos. A intoxicação por selênio é comumente chamada de selenose crônica ou doença alcalina do gado. Este fato desencadeou vários estudos em relação a sintomas de envenenamento agudo, nível de toxicidade, influência na reprodução, nível de concentração nos órgãos e tecidos do corpo e proteção da toxicidade em animais domésticos e de laboratório (EHC, 1987).

Da mesma forma, determinadas regiões apresentam solo com teor de selênio muito baixo e/ou pouco disponível, a ponto de causar doenças tanto em gados quanto em seres humanos., por exemplo, o norte central da China, Nova Zelândia e Finlândia (LEVANDER e BURK, 1997).

Selênio é um oligoelemento, pertencente ao grupo 16 da tabela periódica, apresentando-se em três formas alotrópicas incluindo selênio cinza, vermelho e preto, e ocorre em quatro estados de oxidação: seleneto ( $\text{Se}^{-2}$ ), selênio elementar ( $\text{Se}^0$ ), selenito ( $\text{Se}^{+4}$ ) e selenato ( $\text{Se}^{+6}$ ). A Figura 1, ilustra a posição do selênio dentro da tabela periódica. Na forma elementar o selênio é um semicondutor, e na forma alotrópica cinza é sensível à luz. Por estas características o selênio exibe propriedade de transformar energia luminosa diretamente em energia elétrica, e dessa forma tem sido utilizado extensivamente como células fotoelétricas, fotômetros e células solares. Este micronutriente pertence à mesma família do oxigênio e à medida que vai descendo pela coluna da tabela periódica, os elementos vão se tornando mais metálicos, sendo o telúrio e o selênio a linha divisora entre metais e não metais e, por isso, o selênio é considerado um não-metal (GHISLENI, 2006). As propriedades químicas deste elemento estão descritas na Tabela 1.

The figure shows a standard periodic table with a legend at the top. The legend categories are: alkali metals (yellow), alkaline earth metals (orange), transition metals (blue), other metals (light blue), other nonmetals (red), halogens (green), noble gases (grey), lanthanides (yellow), and actinides (blue). Selenium (Se) is highlighted with a red box and a red arrow pointing to it from the text. Selenium is located in group 16, period 4, with atomic number 34. The table also shows the lanthanide and actinide series at the bottom.

Figura 1 – Tabela Periódica dos elementos químicos.

FONTE: [www.mineral.galleries.com](http://www.mineral.galleries.com)

Tabela 1 – Propriedades químicas do selênio

Propriedades	Valores
Massa atômica relativa	78.96
Número atômico	34
Raio atômico	0.14 nm
Raio covalente	0.116 nm
Eletronegatividade (Pauling's)	2.55
Estrutura eletrônica	$[Ar]3d^{10}4s^24p^4$
Estados de oxidação	-2, 0, +2, +4, +6
Isótopos - Massa	74 76 77 78 80 82
Abundância dos isótopos acima na natureza (%)	0.87 9.02 7.85 23.52 49.82 9.19

Fonte:Cooper et al (1974).

Os isótopos de selênio têm sido muito úteis em estudos experimentais, bem como em análises de selênio e seus compostos pelo método de massa espectrométrica (MS). Em geral, os compostos do selênio orgânico são mais reativos do que seus enxofres homólogos: a ligação C-Se (234 KJ/mol) é mais fraca do que a ligação C-S (272 KJ/mol). Selenóis são mais ácidos do que tióis e mais rapidamente oxidáveis (HELZLSOUER et al, 2000).

Selênio no estado (+6) ou selenato é estável em ambas as condições: alcalina e oxidante. Por este motivo, ele está presente em solos alcalinos no qual está solúvel e disponível para as plantas, sendo também a forma alcalina mais comum em ambiente aquático. Devido à sua solubilidade é a forma mais perigosa para o meio ambiente (EHC,1987).

Selênio no estado (+4) ou selenito, em soluções alcalinas tende a se oxidar para o estado (+6) em presença de oxigênio, mas isso não ocorre em meio ácido. Selênio na forma elementar volatiliza a 684°C, é estável e insolúvel. Ele se forma a partir da redução dos íons selenato e selenito. Esta propriedade o torna indisponível para plantas. Na forma (-2) existe como hidreto de selênio e em grande quantidade de seleneto de metais. Hidreto de selênio é um forte agente redutor e um ácido relativamente forte com  $pK_a = 3,73$  (EHC,1987).

## 2.3 - FONTES, TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO NO MEIO AMBIENTE

A distribuição deste elemento pelo planeta não é homogênea. Há regiões com pequena presença deste elemento no solo enquanto o oposto ocorre para outras. Fatores geofísicos, biológicos, e processos industriais estão envolvidos na distribuição e transporte deste elemento. A instabilidade do selênio ocorre devido à sua volatilidade. Por isso, os métodos analíticos de amostragem, preparação e estocagem devem ser rigorosos e um grande cuidado deve existir para evitar contaminação ou perda de elemento (EHC, 1987).

Algumas atividades humanas são responsáveis pela redistribuição de selênio no meio ambiente. No refino de cobre e purificação do selênio pode haver perdas do mesmo, além de atividades industriais, tais como: produção de vidro, equipamentos eletrônicos e produção de certos metais podem emitir selênio para atmosfera. Os compostos inorgânicos do selênio, o selenato e o selenito, são predominantes na água, enquanto os compostos orgânicos do selênio, a L-selenocisteína e a L-selenometionina, estão em maior quantidade nos animais e vegetais, respectivamente. Animais que se alimentam de grãos ou plantas cultivados em solos ricos em selênio têm maiores níveis deste nos seus músculos (EHC,1987).

Selenato é a forma oxidada Se(VI) predominante em espécies com alto potencial redox, é comum em solos alcalinos semidesérticos. Selenito Se(IV) possui um potencial redox moderado, é a espécie com maior mobilidade devido à maior capacidade de realizar o processo sorção/desorção em várias superfícies sólidas, tais como: metal e matéria orgânica. Se(-II) e Se(-I) são estáveis em condições reduzidas em uma variedade de selenetos metálicos e um elevado número de compostos orgânicos. H<sub>2</sub>Se (hidreto de selênio) está presente na natureza como produtos de processos microbianos (EHC,1987). As espécies químicas de selênio e suas funções estão listadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais espécies químicas de selênio de importância biológica

<b>Espécies</b>	<b>Fórmula química</b>	<b>Observação</b>
<b>Inorgânicas</b>		
Selenato [Se(VI)]	$H_2SeO_4^0$ , $HSeO_4^-$ , $SeO_4^{2-}$	Espécie predominante em solos, sedimentos e águas Selenito apresenta forma levemente oxidada em meio ambiente ácido. Dióxido de selênio, gás presente em erupção vulcânica e processos de corrosão. Precipitado oriundo de processo de redução microbiana e menos extensivo por processos inorgânicos Composto volátil formado por processos microbianos.
Selenito, dióxido de selênio [Se(IV)]	$H_2SeO_3^0$ , $HSeO_3^-$ , $SeO_3^{2-}$ , $SeO_2$	
Selênio elementar	$Se^0$	
Seleneto [Se(-II)]	$H_2Se$	
<b>Orgânicas</b>		
Trimetilselenio	$(CH_3)_3Se^+$	Metabólito urinário
Dimetilselenosulfídrico	$(CH_3)_2SeS$ .	Produto de processos de metilação microbiana
Selenocisteína (SeC)	$HSeCH_2CHNH_2COOH$	Principais espécies de selênio em tecidos orgânicos
Selenometionina (SeM)	$CH_3Se(CH_2)_2CHNH_2COOH$	Espécie predominante em plantas.
Selenoproteínas		Várias proteínas (GPX, Selenoprot. P, etc)
Selenocianato	$SeCN$	Águas residuais de refinarias

Fonte: CHABROULLET (2007)

## 2.4 – FUNÇÃO ANTIOXIDANTE

Segundo AUGUSTO (2006), em torno de 1985, sabia-se que os radicais livres eram formados a partir de fontes externas e endógenas. Foram descobertas enzimas cujas funções eram reparar biomoléculas oxidadas. Além da glutatona peroxidase, que repara lipídios peroxidados, começaram a ser caracterizadas enzimas que reparam lesões no DNA. Na Figura 2, estão apresentados os fatores exógenos que causam produção de radicais livres dentro das células.

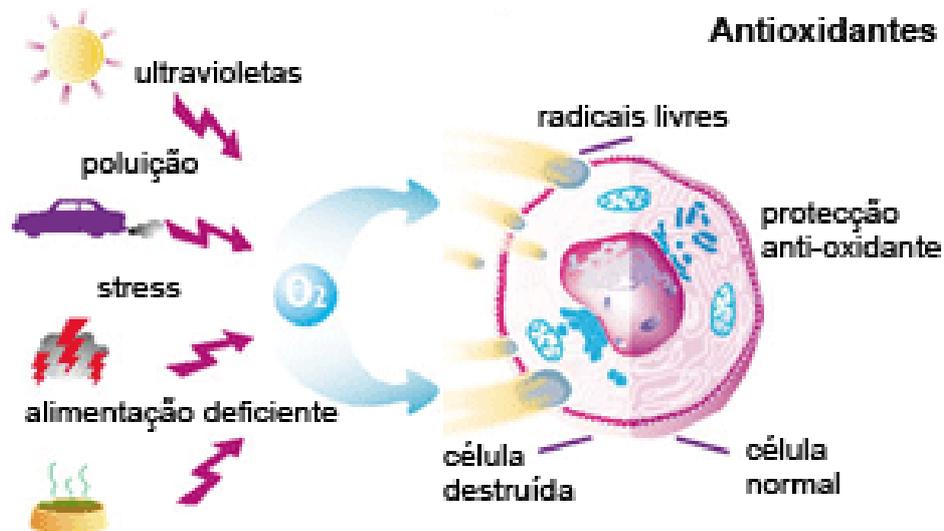


Fig. 2 – Fatores exógenos que provocam produção de radicais livres nas células

HALLIWELL (1990) define o termo radical livre como um átomo ou molécula altamente reativo, que contém número ímpar de elétrons em sua última camada eletrônica. É este não-emparelhamento de elétrons da última camada que confere alta reatividade a esses átomos ou moléculas. Portanto, quando no metabolismo normal ocorrer uma redução do oxigênio molecular ( $O_2$ ), este ganhará um elétron, formando o radical superóxido ( $O^{1/2-}$ ), por possuir número ímpar de elétrons na última camada eletrônica. Radical livre não é o termo ideal para designar os agentes reativos patogênicos, pois alguns deles não apresentam elétrons desemparelhados em sua última camada. Devido a eles serem derivados do metabolismo do  $O_2$ , é mais adequado utilizar o termo “espécies reativas do metabolismo do oxigênio” (ERMO) ou do inglês, ROS (reactive oxygen species). As ERMOs são encontradas em todos os sistemas biológicos.

Um número recente de estudos tem sugerido antioxidantes catalíticos com habilidade para seqüestrar peróxidos ( $H_2O_2$ ), podendo atenuar marcadores de inflamação, como a citocininas e a quimiocininas. Além disso, peróxidos e outros oxidantes podem sinalizar um caminho para inativação da quinase através da inibição das enzimas fosfatases. Essa etapa contribui para o efeito de proteção de

muitos seqüestradores catalíticos de  $H_2O_2$  em vários modelos celulares inflamatórios (DAY, 2009).

O peróxido de hidrogênio provém diretamente do superóxido ( $O_2^-$ ) por meio de uma rápida reação de dismutação (quando dois radicais livres reagem entre si, gerando produtos não radicalares. Espécie predominante em solos, sedimentos e águas que pode ocorrer enzimaticamente pelo superóxido dismutase (SOD) ou espontaneamente. O peróxido de hidrogênio se forma enzimaticamente como subproduto do metabolismo de lipídios nos peroxissomas. É estável em pH biológico e atravessa facilmente os lipídios de membrana. Ele pode participar da formação do radical hidroxil ( $HO\cdot$ ) na presença de metais na forma reduzida. O stress oxidativo é tradicionalmente definido como um desequilíbrio entre produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e defesa antioxidante contra essas ROS. A consequência do stress oxidativo é um aumento na formação de macromoléculas celulares oxidadas (DAY, 2009), como mostra a Figura 3.

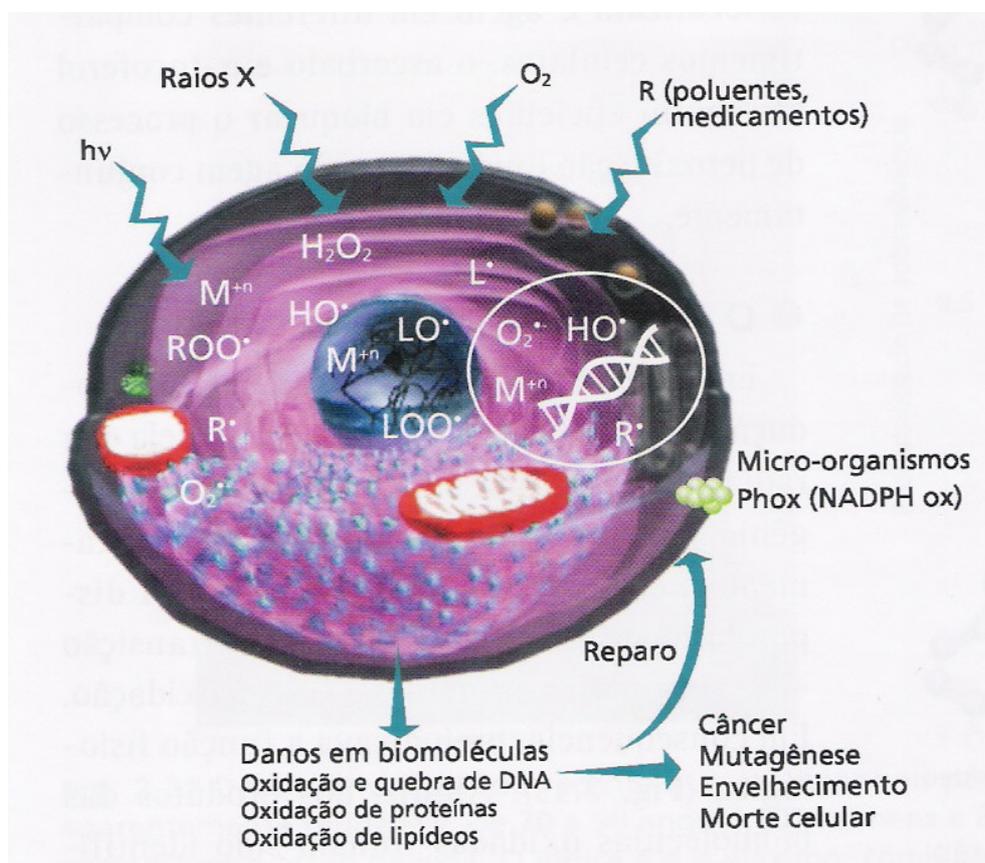
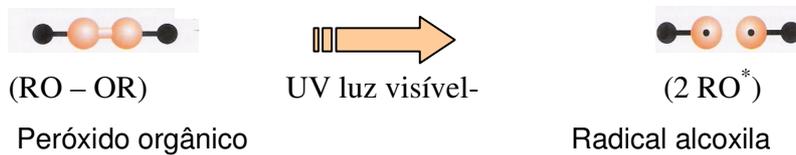


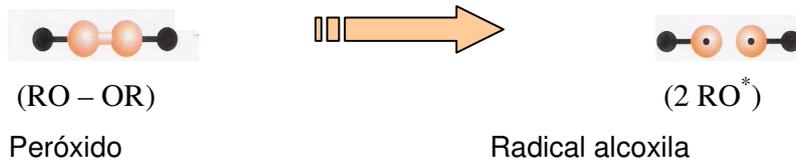
Fig.3 - Formação e conseqüências de oxidantes e radicais livres dentro da célula.

Conforme se pode observar na Figura 4, a produção de radicais livres pode ocorrer pela quebra de ligações covalentes (homólise) em conseqüência do fornecimento de energia como luz (fotólise), calor (termólise) ou radiação de alta energia (radiólise). A produção de radicais livres também ocorre por transferência de elétrons (reações redox) como na reação de Fenton, muito comum em sistemas biológicos (AUGUSTO, 2006).

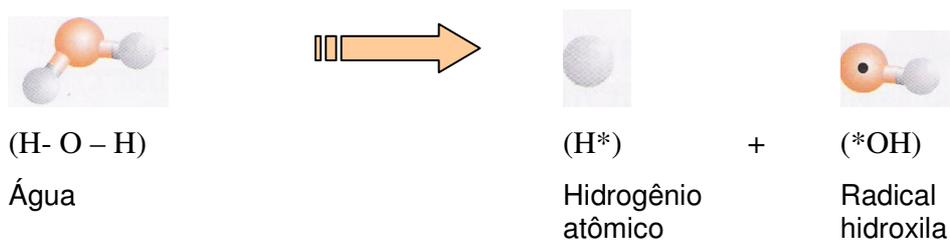
### Fotólise



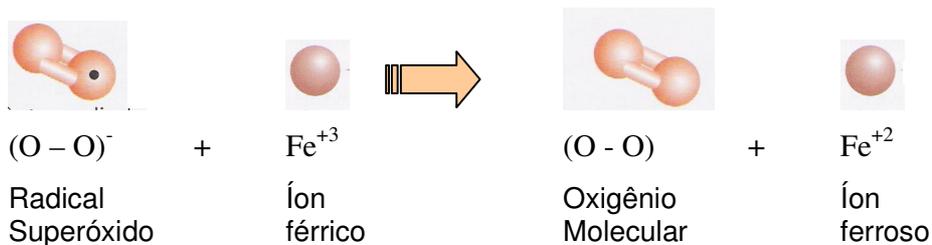
### Termólise



### Radiólise



### Reação de Fenton – oxi-redução



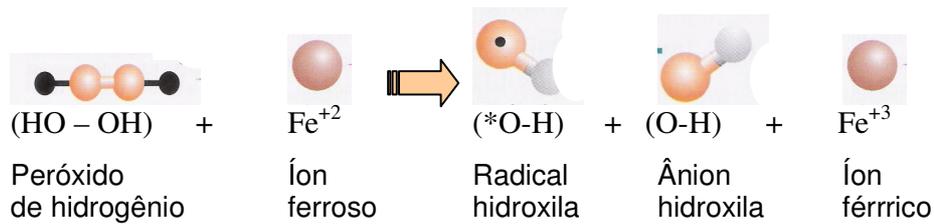
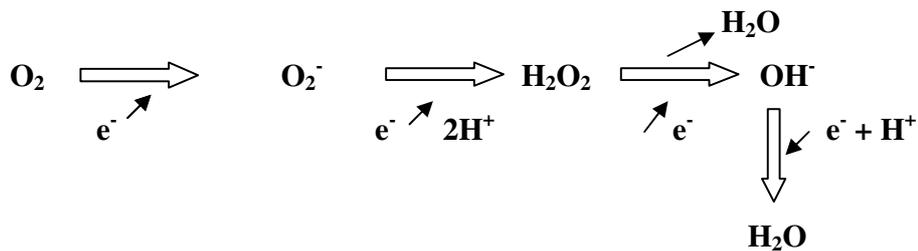


Fig. 4 - Várias reações de formação dos radicais livres.  
 Fonte: AUGUSTO, 2006.

Em condições fisiológicas do metabolismo celular aeróbio, cada molécula de oxigênio ( $\text{O}_2$ ), sofre redução, com aceitação de quatro elétrons resultando na formação de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Figura 5). Durante esse processo são formados intermediários reativos, como os radicais superóxido ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ), hidroperoxila ( $\text{HO}^{2-}$ ), hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) e o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Normalmente, a redução completa do  $\text{O}_2$  ocorre na mitocôndria, e a reatividade das ERMOs é neutralizada com a entrada dos quatro elétrons (HALLIWELL, 1990).



**Fig. 5** - Redução tetravalente do oxigênio molecular ( $\text{O}_2$ ) até a formação de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Todos os componentes celulares são susceptíveis à ação destas ERMOs, porém, as membranas celulares são as mais atingidas em decorrência da peroxidação lipídica, que acarreta alterações na estrutura e na permeabilidade das mesmas. Conseqüentemente, há perda da seletividade na troca iônica e liberação do conteúdo de organelas, como as enzimas hidrolíticas dos lisossomas, além da formação de produtos citotóxicos (como o malonaldeído) culminando com a morte celular. A lipoperoxidação (Figura. 6) também pode estar associada aos mecanismos de envelhecimento, de câncer e à exacerbação da toxicidade de antibióticos. Assim como na formação das ERMOs, nem sempre os processos de lipoperoxidação são prejudiciais, pois seus produtos são importantes na reação

em cascata a partir do ácido araquidônico para a formação de prostaglandinas e, portanto, na resposta inflamatória (HALLIWELL, 1990).

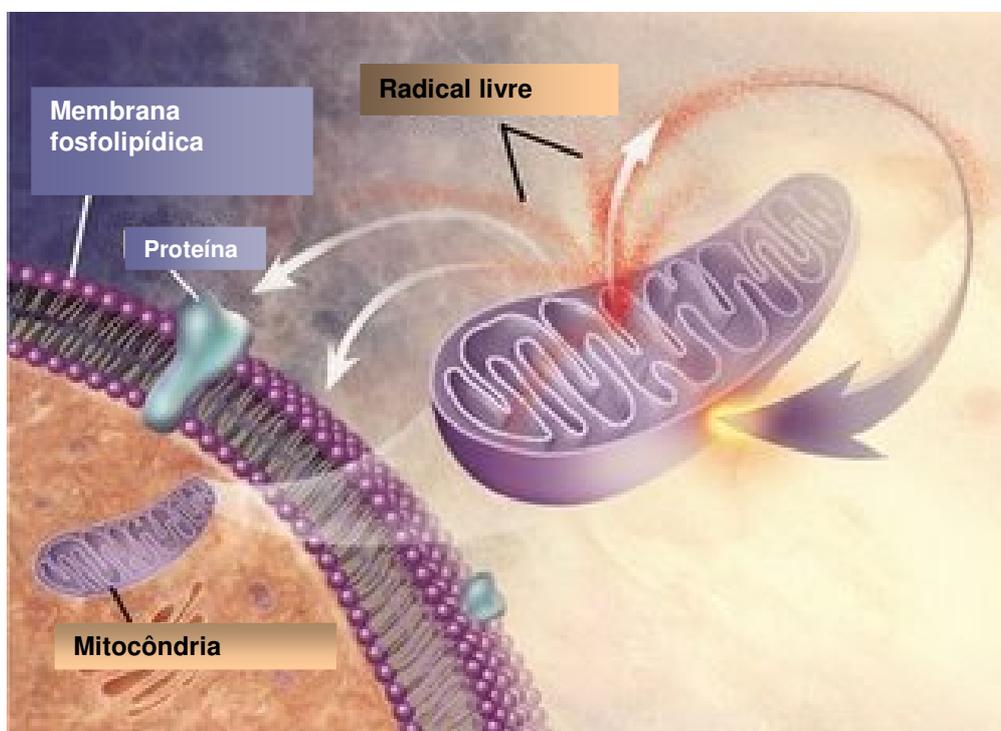


Fig.6 – Representação da lipoperoxidação na célula.

## 2.5 - SELENOPROTEÍNAS

A importância do selênio no organismo se dá por ele ser um componente das selenoproteínas, as quais apresentam importantes funções enzimáticas. Desta forma, o selênio acaba funcionando como um importante redutor, principalmente na neutralização dos radicais livres (SUNDE, 1997). Entre 60-80% do selênio no plasma humano é composto por selenoproteína P, sendo considerada uma proteína estoque de selênio, visto que existem poucas evidências que a mesma possua função antioxidante (FAO/WHO,2001).

A ativação do vírus HIV (Human Immunodeficiency Vírus) a partir do seu estado pro-viral é estimulada pelas espécies de oxigênio reativo (ROS). Portanto,

pode-se dizer que dinamizar a atividade das selenoproteínas, que têm atividade antioxidante, poderia ser benéfico para parar ou, pelo menos, atrasar a progressão das infecções causadas pelo vírus HIV (MOGHADASZADEH & BEGGS, 2006).

A ingestão supranutricional de selênio tem sido sugerida como ação quimiopreventiva contra o câncer, está claro que alterar os níveis de selênio em uma dieta pode ocasionar a diminuição dos níveis de selenoproteína e sua atividade em organismos específicos e, certamente, sob condições fisiológicas relevantes. A elevada atividade das selenoproteínas com ingestão de selênio em excesso tem sido observada em apenas algumas enzimas, como GPxs (glutathione peroxidase) ou TrxRs (tirodoxinas). É conhecido que há uma hierarquia de requerimento de selênio entre as selenoproteínas, assim, a ingestão de selênio tem efeitos diferenciados sobre os membros da família das selenoproteínas (MOGHADASZADEH & BEGGS, 2006).

Além da glutathione, também o selênio é constituinte da 5'-iodinase, atuante no metabolismo dos hormônios da tireóide. Estudos mostraram que na deficiência conjunta de selênio e iodo, as Síndromes de Deficiência de Iodo – SDI, são muito mais graves (FORDYCE et al 2000; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998). Na Tabela 3, são apresentadas as principais selenoproteínas e suas funções no organismo animal.

Tabela 3 – Principais selenoproteínas e suas funções nos animais

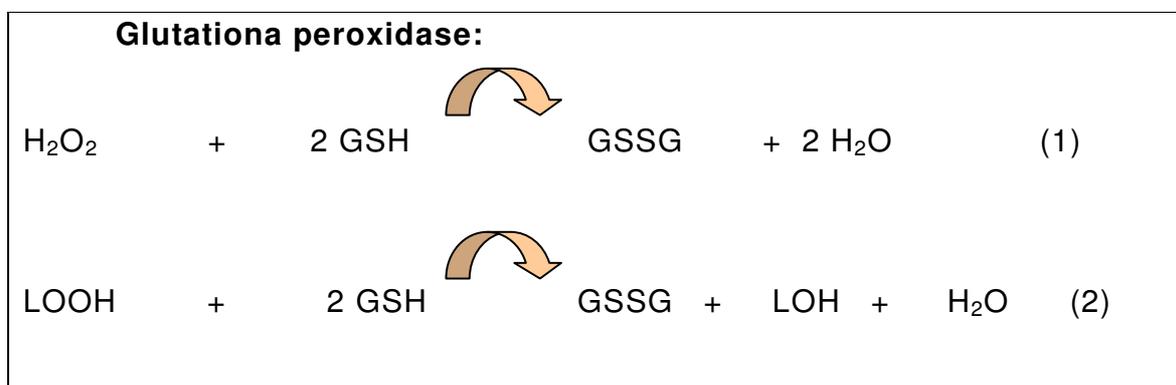
<b>Selenoproteína</b>	<b>Expressão transcrição</b>	<b>Localização proteína</b>	<b>Função</b>
<i>Glutathione peroxidase(GPx1)</i>	Ambígua	citossol	Removem o peróxido de hidrogênio e os hidroperóxidos lipídicos e fosfolipídicos, mantendo assim, a integridade da membrana, modificando a síntese de eicosanóides a inflamação e limitando a propagação de danos oxidativos.
<i>Glutathione peroxidase(GPx2)</i>	Trato gastrointestinal	citossol	
<i>Glutathione peroxidase(GPx3)</i>	Rim e plasma	extracelular	
<i>Glutathione peroxidase(GPx4)</i>	Vários tecidos incluindo cérebro	Citossol e membrana associada	
<i>Glutathione peroxidase(GPx4)</i>	Testículos	Núcleo	Protege os espermatozóides de danos oxidativos, síntese de proteínas estruturais necessárias para mobilidade do esperma maduro
<i>Iodotironina 5'deiodinase</i>	Tiróide, fígado, rim e pituitária	Membrana plasmática	Converte tiroxina(T4) em triiodotironina(T3)
<i>Selênio-fosfato sintetase(SPS2)</i>	Ambígua	Citossol	Necessário para biossíntese do selenofosfato, precursor da selenocisteína
<i>Selênio proteína P</i>	Ambígua (predomina no fígado)	Proteína secreção	Achada no plasma e associada a células endoteliais possivelmente ligadas a uma proteína de transporte, protegendo células contra danos do peroxinitrito
Tioredoxina redutase TXNRD (1); (2); (3)	Ambígua (1) Fígado,rins e coração (2) Testículo(3)	Citossol, mitocôndria(1) Mitocôndria(2) Citossol(3)	Redução do ácido deidroascórbico e níveis de ascorbato são afetados pela carência de selênio, regeneração dos sistemas antioxidantes, manutenção do estado redutor intracelular, reduz pequenas moléculas intracelulares

FONTE: HALLIWELL (1990), MOGHADASZADEH & BEGGS (2006) E COSTA (2008).

## 2.5.1- GLUTATIONA PEROXIDASE

Foi somente em 1973 que se descobriu a presença do selênio nesta enzima. Desde o ano seguinte foi posto em evidência a importância deste elemento para a glutathione peroxidase, tendo sido demonstrado que nos animais sujeitos à alimentação pobre em selênio a quantidade diminui assim como sua atividade, estes parâmetros retornam ao normal assim que se restabelece o equilíbrio de selênio.

AUGUSTO (2006) preconiza que a Glutathione (GSH) é um tripeptídeo e está presente em todas as células, em geral, em altos níveis e pode ser associada a um tipo de tampão de redox. GSH é considerada o principal antioxidante intracelular, porque está presente em todas as formas de vida. O GSH é rapidamente oxidado quando há alta concentração de radicais livres. A enzima glutathione peroxidase atua na remoção de peróxidos tóxicos que, sob condições aeróbicas, formam-se no curso do crescimento e no metabolismo, de acordo com as equações (1) e (2).



DAY (2009) afirma que durante o ciclo, um selenol (proteína-Se) reage com peróxido ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ou lipídio-peróxido (LOOH) resultando no ácido selênico. Esse grupo é reduzido de volta para selenol por duas glutathionas (GSH), a qual retorna para glutathione oxidado (GSSG) e LOOH é reduzido também para álcool (LOH). O GSSG é convertido de volta para duas GSH pela glutathione reductase que usa

equivalentes reduzidos derivados da riboflavina (FAD) para produzir a adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH), principalmente oriundo da via das pentoses. Conforme a equação (3), a enzima glutatona redutase regenera o GSH oxidado a GSSG. A capacidade antioxidante da GSH é devida ao grupo sulfidríla do aminoácido cisteína, que se oxida facilmente, atuando como redutor celular.

#### **Glutationa redutase**



Segundo AUGUSTO (2008), no plasma e no interior aquoso das células e suas organelas, a glutatona peroxidase atua como mediadora em reações que destroem peróxidos, além de atuar para produção de hormônios tireoidianos e no funcionamento do sistema imunológico. A Glutationa (GSH) é um tripeptídeo, e está presente em todas as células, em geral em altos níveis e pode ser associada a um tipo de tampão de redox. GSH é considerada o principal antioxidante intracelular, porque está presente em todas as formas de vida e atinge concentrações de 5 -10 mM .

A glutatona redutase é uma enzima notável pelo fato de conter um átomo de selênio (Se) ligado covalentemente na forma de selenocisteína. O selênio é essencial para a atividade da enzima. Esse grupo de enzimas tem função de seqüestrar o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) utilizando-o como substrato para sua atuação redutora.

A vantagem do uso do selênio no lugar do enxofre está na maior atividade da glutatona peroxidase . O mutante S -GPx é extremamente mais fraco que Se-GPx, sendo rapidamente inativado durante a catalase (CHAUDIEÁRE e FERRARILIOU, 1999). A substituição do selênio na metionina no lugar do enxofre, e na cisteína, está ilustrada na Figura 7.

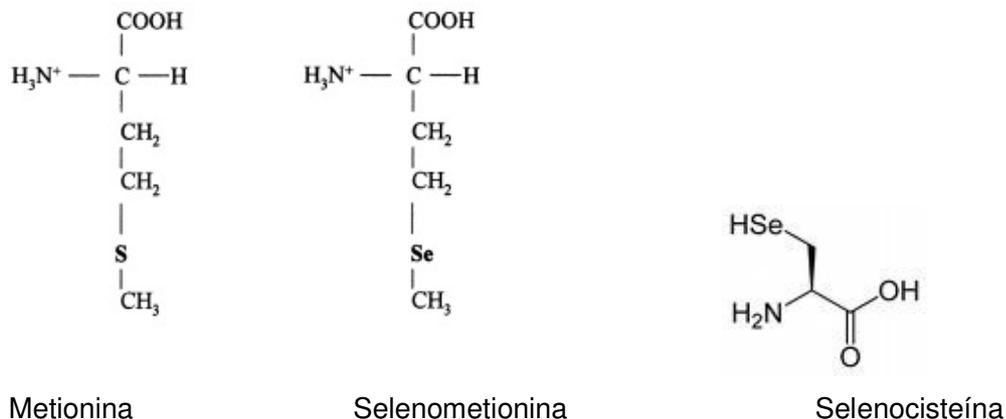


Fig. 7 - Estrutura molecular da metionina, selenometionina e selenocisteína.

DAY (2009) afirma que durante o ciclo, um selenol (proteína-Se) reage com peróxido ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ou lipídio-peróxido (LOOH) resultando no ácido selênico. Esse grupo é reduzido de volta para selenol por duas glutathionas (GSH), a qual retorna oxidada para dissulfeto (GSSG) e LOOH é reduzido também para álcool (LOH). O GSSG é convertido de volta para duas GSH pela glutathione redutase que usa equivalentes reduzidos derivados da riboflavina (FAD) para produzir a adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH). Nem todas as peroxidases desintoxicam  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Um número de peroxidases não-específicas, tais como: mieloperoxidase e eosinofíl: Durante stress oxidativos, onde peróxidos celulares são elevados, existe um aumento no nível da proteína cisteína oxidada que resulta na inativação da fosfatase, o que desencadeia em reações inflamatórias.

## 2,6 – DOENÇAS RELACIONADAS AO SELÊNIO

Seus níveis baixos causam flacidez nos músculos, aumento da fragilidade das células vermelhas sangüíneas e degeneração pancreática. A doença de Keshan, miocardiopatia que afeta mulheres e crianças, e a doença de Kashin Beck, artrose que afeta adolescentes e pré-adolescentes, ambas prevalentes em certas regiões da China, são associadas à deficiência de selênio nessas regiões onde os solos são pobres neste elemento (LEVANDER e BURK, 1997).

Do mesmo modo existem indicações de que a depleção de selênio pode ser deletéria para o cérebro. Este é deficiente em catalases, e, por isso, seria dependente das selenoenzimas antioxidantes para remover alguns produtos da peroxidação. A deficiência de selênio foi associada a uma incidência significativamente maior de depressão e outras alterações do humor como ansiedade, confusão e hostilidade (RAYMAN, 2000).

Selênio é constituinte essencial do grupo de enzimas iodotironinadeiodinase (D1,D2,D3). Essas enzimas em conjunto com as enzimas glutathiona peroxidase e tireoxina redutase agem através de reações redox na defesa antioxidante da glândula tireóide e do útero. O selênio não somente afeta a atividade da enzima deiodinase, mas também a eficiência na síntese do hormônio tireóide pela glândula e regulação da pituitária (BECKER E ARTHUR, 2005 e KOHRLE, JAKOB E CONTEMPRÈ, 2005). A desordem na regulação da tireóide pode afetar a função ovariana. Tanto o hipertireoidismo quanto o hipotireoidismo podem acarretar desordens no ciclo menstrual, desenvolvimento sexual prematuro ou tardio, distúrbios do hormônio luteinizante, prolactina e outros hormônios sexuais (KRASSAS, 2000).

Outro aspecto da deficiência de selênio ocorre com a inibição da enzima prostaciclina sintetase, responsável pela produção da prostaciclina, que é vasodilatadora, favorecendo a formação do tromboxano, que é vasoconstrictor e agregante plaquetário, resultando em um balanço desfavorável para pacientes coronariopatas (KARDINOOL E KOHLMEIER,1997).

Atualmente, novos estudos têm esclarecido alguns mecanismos de ação do selênio e outras funções. SHILO et al. (2007), observaram efeito hepatoprotetor do selênio, em estudo com ratos. Estes autores detectaram estímulo na transcrição para síntese do superóxido dismutase-manganês, enzima envolvida em atividade antioxidante. Sendo assim, a deficiência marginal de selênio pode estar relacionada com a incidência de determinadas doenças, particularmente as relacionadas com a neutralização de radicais livres e substâncias com caráter oxidante, por exemplo, doenças cardíacas e certos tipos de câncer.

Existem estudos que indicam que em regiões onde há carência de selênio no solo, aparecem cardiopatias e alguns tipos de câncer. Um regime carente de selênio induziu catarata em animais, e não se pode deixar de associar a relação entre a carência de selênio em velhos, freqüentemente, desnutridos, e o aparecimento da catarata (SOUZA & MENEZES, 2004).

Os níveis de selênio no sangue correlacionam-se com a ingestão do mesmo e sua dosagem pode ser feita em todo o sangue ou em partes dele. Os níveis séricos refletem a ingestão diária recente ao passo que nos eritrócitos reflete os teores acumulados por mais de 120 dias antes (CAUWENBERGH et al., 2007). A ingestão de uma dieta equilibrada satisfaz as necessidades diárias. FAO/WHO (2001) preconizam que a RNI (Recommended Nutrients Intake) é de 26-34 µg/dia, para mulheres e homens, respectivamente.

Outros fatores, como sexo masculino, idade, consumo de bebida alcoólica e nível educacional, podem interferir no teor de selênio no sangue. A Organização Mundial de Saúde (WHO, 2001) cita resultados de estudos mostrando os níveis séricos de selênio em indivíduos de algumas regiões do mundo, por exemplo, em indivíduos com doença de Keshan e Kaschin-Beck, na China (de 2,37 a 19,75 µg/L), em indivíduos com cretinismo, no Zaire (9,5 a 20,5 µg/L), norte-americanos (133,5 a 170 µg/L) e nova-zelandeses (54,5 µg/L).

LOOK (1997) confirmou em sua pesquisa que o selênio parece ser um nutriente crucial para pacientes HIV +. Ocorre uma diminuição no selênio plasmático em paralelo com a diminuição das células CD4, desta forma, sua dosagem passou a ser utilizada como prognóstico em HIV+, sendo que, quanto menor o valor plasmático, maiores as chances de morte por infecção oportunista. Assim, o selênio passou a ser encarado como o principal nutriente em pacientes aids. O Selênio também parece proteger indivíduos infectados com o vírus da Hepatite (B ou C) contra a progressão para o câncer de fígado.

DAY (2009) relata que enfisema e bronquites estão fortemente associados com o hábito de fumar cigarros que apresentam grande quantidade de ROS (espécies reativas de oxigênio). De fato o cigarro tem inibido atividade da

catalase. O diselenito-glutationa, assim como o difenilseleneto, mostrou ser um protetor de alterações de pulmões em ratos causadas pela exposição a cigarro.

AKESSON (1985) sugeriu que alterações do nível de selênio no plasma sanguíneo podem ocorrer por mudança na concentração de proteínas. Um estudo com pescadores homens com risco de doenças coronárias mostrou uma forte associação entre selênio no soro e o ácido  $\alpha$ -linolênico eicosapentaenóico (EPA).

Doenças cardiovasculares é a maior causa de morte em seres humanos. Um caso comum de injúria do tecido, relatada para sistema cardiovascular é a isquemia-reperfusão (IR). IR está associada com hemorragia, infarto do miocárdio, arritmias, angina, enfarte do miocárdio e com atividade catalítica de antioxidantes seqüestradores de  $H_2O_2$ . Antioxidantes catalíticos com função de seqüestrar peróxidos, usados no tratamento de IR beneficiam também outros sistemas orgânicos, tais como fígado, pulmão, cérebro e rins. A hipertensão é caracterizada como fator de risco para doenças cardiovasculares. Vários sistemas complexos de regulação estão envolvidos na pressão sanguínea incluindo potência cardíaca, balanço de fluidos, vasodilatação e função renal. Um sistema importante na regulação sanguínea é a renina/angiotensina, o qual também apresenta função reguladora vascular na produção de EROS (DAY, 2009).

O estresse oxidativo e o aumento na formação de espécies reativas de oxigênio estão fortemente associados às patologias do sistema nervoso central (SNC) tais como: acidente vascular cerebral, doença de Alzheimer, doença de Parkinson e epilepsia. Por isso, a importância de um balanço adequado entre a produção de espécies reativas de oxigênio e a ação das defesas antioxidantes endógenas para a integridade do sistema nervoso central. O cérebro por possuir menor expressão de enzimas antioxidantes e alto conteúdo lipídico é um dos tecidos mais vulneráveis aos efeitos deletérios do estresse oxidativo (GHISLENI, 2006)

## 2.7 - INTOXICAÇÃO POR SELÊNIO

Experimentos em animais mostraram que o selênio em altas doses é tóxico e cancerígeno; entretanto, em baixas doses, inibiu o progresso dos tumores mamários nas ratas e diminuiu o desenvolvimento do câncer do cólon. Além disso, também protegeu fumantes impedindo a transformação de certos produtos cancerígenos (benzopireno da fumaça do tabaco) (SOUZA E MENEZES, 2004).

Em humanos, sintomas estão associados com intoxicação por selênio, são: anorexia, indigestão, desnutrição e mais pronunciado, perdas da integridade dos dentes, aspecto amarelado da pele, erupções cutâneas, artrite crônica e doenças nas unhas. Doenças de pele como icterícia, possivelmente, podem estar associadas com ingestão de selênio e disfunção do fígado.

Selenometionina e selenocisteína são essenciais quando o nível de selênio está entre 0.1–0.2 ppm (mg/kg) na dieta experimental de animais, porém se torna tóxico excedendo 5 ppm (ZENG E COMB, 2008).

Em um trabalho realizado na Amazônia, avaliou-se a quantidade de selênio encontrada na torta (amêndoas prensadas parcialmente ou completamente desengorduradas) de castanha-do-Brasil. Para a torta foram utilizadas amêndoas com película. O teor encontrado foi de 7,13 mg/kg, sendo 3,56 vezes maior que o teor da amêndoa sem película. Isto pode ser explicado pela grande quantidade de amêndoas com película utilizada para obtenção da torta e ao seu menor percentual de lipídio, sugerindo-se que a película da amêndoa poderá possivelmente, conter elevada concentração de selênio (SOUZA e MENEZES, 2004).

PAINTER (2008) estudou os efeitos da toxidez em ratos submetidos à dieta com grãos contendo de 20-30 ppm de selênio. Após 16 dias sob dieta, 70% dos animais morreram quando a dieta era composta de 70% de grãos acima de 20 ppm. A autópsia revelou hemorragia, lesão nas juntas e necrose no fígado.

## 2.8) SELÊNIO NO SANGUE

O selênio tem sido detectado no organismo pela análise no plasma, eritrócitos, sangue total e pela determinação da atividade da enzima glutathione peroxidase no sangue total. Nível de selênio no plasma reflete a ingestão recente na dieta, enquanto, nos eritrócitos se encontra os níveis de selênio acumulados e provavelmente indica a ingestão de mais de 120 dias (DIAZ-FLORES, 2004).

De acordo com WHO/FAO (2001) a média mínima encontrada no sangue é de  $39,5 \mu\text{g L}^{-1}$  e no máximo  $197,5 \mu\text{g L}^{-1}$ . Existem muitos estudos que indicam uma inversa relação entre concentração de selênio no plasma e a incidência de câncer ou doenças cardiovasculares. O selênio também é associado à atividade antiinflamatória, antiviral e agente auto-imune (CAUWEBERGH et al, 2007).

Estudos experimentais com animais têm mostrado uma relação próxima entre os níveis de selênio no sangue correlacionados com a dieta. Um panorama analítico em humanos tem mostrado variação significativa nos níveis de selênio no sangue em diferentes áreas geográficas, por causa das diferenças regionais dos hábitos alimentares (EHC,1987).

STRUNZ et al (2008) avaliaram um grupo de voluntários (5 homens e 10 mulheres) submetendo-os à ingestão de 45g diárias de castanha-do-brasil, rica em selênio. O nível de selênio, no plasma sanguíneo, antes do consumo foi em média de  $56 \mu\text{g L}^{-1}$  e após 15 dias aumentou, em média, para  $208 \mu\text{g L}^{-1}$ . Durante o estudo, nenhum paciente apresentou sintomas de selenose, distúrbios gastrointestinais, irritabilidade, fadiga e alterações do sistema nervoso.

CLACK et al (2007) encontraram diferença entre os níveis de selênio no sangue de homens e mulheres, sendo respectivamente,  $137,5 \mu\text{g L}^{-1}$  e  $127,2 \mu\text{g L}^{-1}$ . Em outro estudo avaliou-se a concentração de selênio em indivíduos vegetarianos. A concentração encontrada no plasma foi de  $75,4 \mu\text{g L}^{-1}$  para homens e  $73,5 \mu\text{g L}^{-1}$  em mulheres, não havendo diferença significativa. Nos eritrócitos, a concentração de selênio foi de  $51,4 \mu\text{g L}^{-1}$  em homens e  $66,9 \mu\text{g L}^{-1}$

<sup>1</sup>em mulheres, mas a análise estatística destes dados não mostrou diferença significativa.

Por outro lado, CAUWENBERGH et al (2007) relataram que a concentração de selênio avaliada em 80 homens e 80 mulheres, na Bélgica, foi  $79,7 \mu\text{g L}^{-1}$ , variando de  $55 - 117,4 \mu\text{g L}^{-1}$ , não havendo também diferença significativa entre homens e mulheres.

LEMIRE et al (2006), constataram que os níveis mais baixo de selênio no sangue de um grupo de moradores da Amazônia foi de  $142 \mu\text{g L}^{-1}$ . A justificativa pode estar no consumo de castanha-do-Brasil que acumula elevados níveis de selênio assim como também leite de coco e sua polpa. Os indivíduos que possuem plantações apresentaram maiores níveis de selênio no sangue, comparados aos que não plantavam. Irrigação e constantes enchentes podem ocasionar liberação de selênio do solo para o ecossistema local.

Com relação à idade, nos primeiros seis meses de vida os níveis de selênio são baixos. Na idade adulta, são observados os mais altos níveis de selênio, enquanto nos idosos, há uma queda significativa. (CAUWENBERGH, 2007).

Um estudo realizado na República Checa constatou níveis mais baixos de selênio em fumantes comparados a não-fumantes. A tendência, entretanto, parece ser a mesma para crianças cujos pais são fumantes. De acordo com LUTY-FRANCKIEWICZ (2002), no homem fumante, a concentração foi mais baixa do que na mulher fumante, contudo a diferença não foi estatisticamente significativa.

## **2.9 - FONTES DE SELÊNIO**

Os teores de selênio em alguns alimentos de origem vegetal produzidos no Brasil são de 10 a 100 vezes mais baixos que produtos similares produzidos nos Estados Unidos, o que pode acarretar que a ingestão de selênio, pelos

brasileiros, seja insuficiente para o desempenho adequado de todas as suas funções (FERREIRA et al., 2002; QUEIROZ, 2006).

A suplementação de selênio pode ser uma alternativa. Entretanto, a fonte de Selênio a ser suplementada apresenta diferenças se esta for orgânica ou inorgânica. Essas diferenças estão relacionadas ao diferente metabolismo inicial das duas formas do elemento. Este microelemento que tem uma margem muito estreita entre os níveis de exigência e toxidez, teores na dieta menores que  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$  de matéria seca são considerados deficientes, e acima de  $2 \text{ mg kg}^{-1}$  MS (matéria seca) podem ser tóxicos (GIERUS, 2007).

Na alimentação mais de 80% do total de selênio presente está na forma orgânica associada às proteínas: a L(+)-selenometionina (de fontes vegetal e animal) e selenocisteína (de fonte animal). Outras fontes orgânicas como S-metilselenocisteína ou selenocistationina estão presentes no crescimento de alguns vegetais cultivados em solos ricos em selênio. Selenato de sódio é uma forma inorgânica também comum, mas em menor proporção (MARTINEZ e CHARLET, 2009).

FERREIRA et al (2002) avaliaram o teor de selênio nos principais alimentos consumidos no Brasil; destacando-se os alimentos de origem animal e os peixes como os que mais apresentam selênio, quando comparados aos vegetais, frutas e cereais. Entre as diferentes partes da carne bovina analisadas, destacam-se o contrafilé ( $9,7 \text{ } \mu\text{g} /100\text{g}$ ) e o fígado ( $7,3 \text{ } \mu\text{g} /100\text{g}$ ). No frango, destacou-se o fígado ( $44 \text{ } \mu\text{g}/100\text{g}$ ) e a coxa ( $12 \text{ } \mu\text{g} /100\text{g}$ ). Nos peixes foram encontrados: a sardinha enlatada em molho de tomate ( $80,9 \text{ } \mu\text{g} /100\text{g}$ ), atum sólido em lata ( $52,5 \text{ } \mu\text{g}/100\text{g}$ ) e camarão vermelho ( $25 \text{ } \mu\text{g} /100\text{g}$ ) e merluza filé ( $28,3 \text{ } \mu\text{g} /100\text{g}$ ). A gema de ovo contém ( $34 \text{ } \mu\text{g} /100\text{g}$ ) enquanto para o ovo inteiro ( $15 \text{ } \mu\text{g} /100\text{g}$ ). Nos derivados de leite foi encontrado no requeijão cremoso ( $9,9 \text{ } \mu\text{g}/100\text{g}$ ) e queijo minas frescal ( $13 \text{ } \mu\text{g}/100\text{g}$ ). Nos cereais e farinhas analisados destacaram-se a farinha de trigo integral ( $13,6 \text{ } \mu\text{g}/100\text{g}$ ), farinha de trigo ( $6,4 \text{ } \mu\text{g}/100\text{g}$ ) e fubá ( $4,4 \text{ } \mu\text{g}/100\text{g}$ ). E, finalmente, o teor de selênio encontrado nas frutas analisadas, ficou entre  $0,0 - 0,9 \text{ } \mu\text{g}/100\text{g}$ ; destacando-se a manga e o maracujá amarelo. Da mesma forma, para os vegetais foram detectados ( $3,1$

$\mu\text{g}/100\text{g}$ ,  $1,3 \mu\text{g}/100\text{g}$  e  $0,9 \mu\text{g} /100\text{g}$ ), na couve folha, no almeirão e na batata-doce, respectivamente.

O teor de selênio encontrado na amêndoa de castanha-do-brasil foi de  $2,04 \text{ mg}/\text{kg}$  (correspondente a  $204 \mu\text{g}/100\text{g}$ ), teor que não ultrapassou a dose UL de  $400 \mu\text{g}$  UL (máximo nível tolerável de ingestão de selênio/dia sem riscos de efeitos adversos), estando dentro da média dos valores encontrados por CHANG et al (1995), que analisaram individualmente dois lotes de 162 amêndoas de castanha-do-brasil, um proveniente da região do Acre/Rondônia e o outro da região de Manaus/Belém, encontraram concentrações de selênio ( $\text{mg}/\text{kg}$ ), variando entre 3,06 a 4,01 para as do Acre/Rondônia e 36,0 a 50,0 para as de Manaus/Belém (SOUZA & MENEZES, 2004).

PALMER & HERR (1982) analisaram individualmente 529 castanhas-do-Brasil e encontraram valores de 0,0 a  $497 \text{ mg}/\text{kg}$  de selênio, sendo que 45,32% de castanhas apresentavam selênio na faixa de 0,0 a  $9,9 \text{ mg}/\text{kg}$ .

Estudos epidemiológicos indicam que o consumo freqüente de nozes pode diminuir o risco de doenças da artéria coronária, tais como: nozes, amendoim e pistache na quantidade de 45 -100g por dia. Em destaque, a castanha-do-Brasil apresenta nível alto de selênio, em média:  $862,65 \mu\text{g}$  de selênio em 45g (STRUNZ et al, 2008).

Em geral, pode-se afirmar que plantas crescendo em solos com baixo pH, com alto teor de argila ou adubadas com produtos à base de sulfato, têm baixos teores de Selênio (KABATA-PENDIAS, 1998). Em contrapartida, plantas com maior massa radicular e raízes mais profundas, assim como plantas de crescimento mais lento e de maior teor protéico, tendem a possuir teores mais elevados de Selênio (GIERUS, 2007). O farelo de soja pode apresentar teores de Se que variam de 0,20 e  $0,40 \text{ mg}$  de Se  $\text{kg}^{-1}$  matéria seca (MS), enquanto que o milho moído ou o farelo de arroz podem conter níveis que variam de 0,01a  $0,05 \text{ mg}$ . Se  $\text{kg}^{-1}$  MS. A silagem de milho, por sua vez, apresenta teores de Se menores, em comparação a gramíneas forrageiras (GIERUS et al., 2002).

Pesquisadores sugerem um antagonismo metabólico entre enxofre e selênio. A linha divisória entre deficiência de selênio pode estar associada à

fertilização do solo por sulfato e esse decréscimo de selênio pode ser maior pelo efeito da diluição como resposta do crescimento da planta. Tal diminuição poderia ser resultado da interferência competitiva entre sulfato e selenato pela planta. O emprego de fosfato como fertilizante em determinadas partes da Austrália e Nova Zelândia resultou em um aparente aumento no teor de selênio em gados contaminados por metais pesados (EHC,1987).

Nas Ilhas Canárias (Espanha) foram encontrados altos níveis de selênio no sangue de adultos saudáveis, que foi associado ao tipo de solo e aos hábitos alimentares dos indivíduos. Os que consumiam vinho mais de três vezes por semana apresentaram mais alto nível de selênio do que indivíduos com baixo consumo. Nenhuma relação foi associada com nível sociocultural, escolaridade, hábito de fumar, consumo de cerveja e prática de exercício físico (CAUWENBERGH, 2007).

A quantidade de selênio nos alimentos preparados sofre influência do cozimento pela conhecida instabilidade e volatilidade de muitos compostos deste elemento. Certos vegetais, por exemplo, aspargo e cogumelo, perdem cerca de 40% de selênio por aquecimento. Também ocorrem 50% de perda do selênio em produtos lácteos durante cozimento. A adição de sal e pH ácido, ou ainda, prolongamento do tempo de cozimento particularmente intensifica essas perdas. Em compensação, procedimentos como aquecimento de cereais, assar peixes ou aves e grelhar carnes causam perdas menores de selênio (EHC, 1987).

## **2.10 – BIODISPONIBILIDADE DO SELÊNIO**

O selênio consumido em alimentos e em suplementos se apresenta em um número variado de formas orgânicas e inorgânicas, incluindo a selenometionina (presente em fontes animais, vegetais e suplementos), a selenocisteína (presente em fontes animais), o selenato e o selenito (presentes em suplementos). A biodisponibilidade e a distribuição tissular dependem da forma ingerida. Por exemplo, a selenometionina é mais eficiente em aumentar as reservas orgânicas

de selênio porque se liga de uma forma não seletiva a outras proteínas (hemoglobina e albumina, p.ex), além da metionina. Porém, a selenometionina não apresenta uma atividade catalisadora, precisando se transformar em um precursor inorgânico para desempenhar esta função. Desta forma, o selenito e o selenato se apresentam como formas mais eficientes, pois precisam apenas sofrer uma redução para se ligarem ao selenofosfato, o precursor da seleniocisteína, a forma ativa do selênio nas selenoproteínas (RAYMAN, 2000).

As espécies de selênio estão distribuídas no organismo em diferentes órgãos, sendo que grandes quantidades deste elemento estão presentes em ordem decrescente de concentração nos rins, fígado, baço, músculo cardíaco, pulmão e cérebro. Apesar da concentração de selênio cerebral não se apresentar elevada, este órgão é o único que mantém um suplemento adequado em caso de deficiência do elemento (GHISLENI, 2006).

Do ponto de vista farmacológico, os compostos orgânicos de selênio aparecem como mais apropriados do que os inorgânicos para serem utilizados como suplementos, já que os selenitos e oxiânions relacionados são mais tóxicos do que os compostos orgânicos e, por outro lado, os compostos inorgânicos tendem a reduzir-se com facilidade (BARAN, 2005).

## **2.11 – METABOLISMO DO SELÊNIO**

Nas plantas, a maior parte do selênio está na forma de selenometionina, porém, naquelas em que acumulam selênio, este se encontra nas formas de selenocistationina e metilselenocisteína. Em produtos de origem animal, o selênio está presente nas selenoproteínas, principalmente selenocisteína. Estudos realizados com traçadores isotópicos em humanos demonstraram que o intestino é o sítio de absorção de selênio seguidos do plasma, fígado/pâncreas, rins e músculos (COSTA E COSTA, 2008).

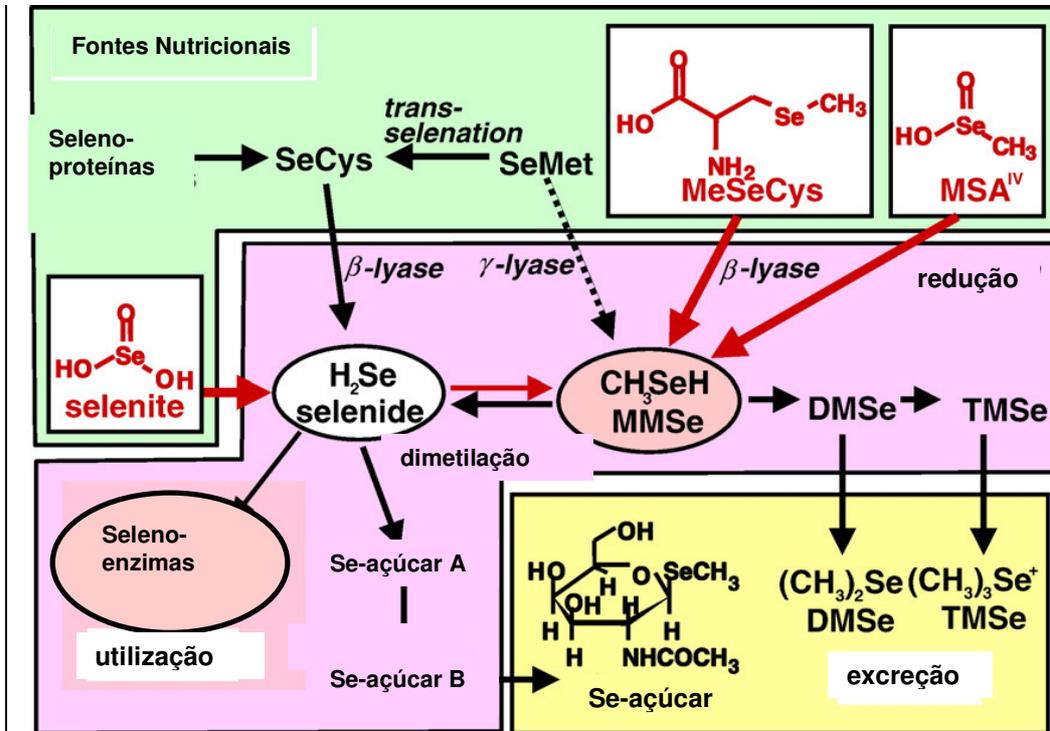
O selênio é absorvido mais comumente pelo trato digestivo e menos freqüentemente no aparelho respiratório e na pele e, é transferido através da

placenta para o feto, e também no leite materno. Há uma tendência do selênio em se acumular em órgãos com atividade metabólica muito intensa, como fígado (SEIXAS, 2008).

Com a ingestão de 70  $\mu\text{g}$  de selênio, 59  $\mu\text{g}$  são absorvidos (84%) e 11  $\mu\text{g}$  são excretados pela célula. Já 32  $\mu\text{g}$  absorvidos são reciclados pela bile, e a perda urinária, após 12 dias é de 12  $\mu\text{g}$  (17% da dose). O restante do selênio absorvido é incorporado nas selenoproteínas dos tecidos, fazendo parte do retorno normal das proteínas (COSTA E COSTA, 2008).

A absorção do selênio na forma de selenito é por difusão e, portanto, proporcional à quantidade presente no lúmen intestinal. A absorção de selenato e selenometionina (SeMet) ocorre por transporte ativo, com o selenato sendo absorvido de modo semelhante ao sulfato e a SeMet de forma análoga à metionina. Pouco do Selênio elementar é absorvido no intestino devido à sua baixa solubilidade e, portanto, passa a ser excretado nessa forma pelas fezes. Após a absorção intestinal, SeMet e SeCis (selenocisteína) podem ser metabolizadas, pelos animais, como aminoácidos (GIERUS, 2007). A Figura 8, apresenta o metabolismo do selênio que provém das fontes alimentares e os produtos de excreção.

Figura 8 - metabolismo do selênio a partir de fontes nutricionais e as formas de excreção



Legenda: SeCys- selenocisteína; SeMet – selenometionina; MeSeCys- metilselenocisteína; MSA – ácido metilselenico; selenite- selenito ;selenido-seleneto; MMSe metilselenol; DMSe- dimetilselenol; TMSe- trimetilselenol; TMSe<sup>+</sup>- íon trimetilselenônio

ZENG & COMBS (2008) afirmam que os humanos possuem melhor capacidade de absorver e reter selênio como SeMet e SeCis do que na forma inorgânica de sais. Entretanto, o metabolismo de ambas as formas mostram certas semelhanças. O selênio da SeMet, consumido na forma de proteína e/ou suplementos alimentares, é transferido para a forma de SeCis. Alternativamente, SeMet pode ser incorporada não especificamente dentro de proteínas e substituída livremente pela metionina na síntese de proteínas. SeCis intacta da dieta não é usada para síntese. Em vez disso, ela é metabolizada para formar seleneto de hidrogênio (H<sub>2</sub>Se), tendo este um papel principal no metabolismo do selênio (ZENG & COMBS, 2008).

A excreção urinária de selênio ocorre na forma de metilselenol, íons trimetilselenônio e dimetilselenol. Em humanos, metilselenol é a principal

forma de excreção urinária em condições adequadas ou insuficientes (COSTA E COSTA, 2008).

Para que o Selênio seja incorporado especificamente em selenoproteínas funcionais, como a glutatona peroxidase, é necessário que as formas orgânicas e inorgânicas sejam reduzidas a seleneto, e este, por sua vez, metabolizado a SeCis. Para tal, o seleneto reage com ATP, formando selenofosfato, em uma reação catalisada pela selenofosfato sintetase. A seguir, junto com um resíduo de serina, o selenofosfato forma uma SeCis, que é inserida nas selenoproteínas funcionais através de um códon UGA específico (DRISCOLL & COPELAND, 2003).

Um estudo conduzido por dois anos em duas de quatro mulheres voluntárias a absorção intestinal de dose oral de Se-selenometionina, resultou em perdas de menos 2 µg em uma média de 96% da dose. Quando uma dose maior de 1mg de Selênio foi administrada oralmente em solução foi alcançada 97% para metilselenometionina (1 pessoa) e cerca de 60% de selenito de sódio (3 pessoas) (THOMSON & ROBINSON, 1986).

Estudos posteriores também mostraram absorção de 94% para 1mg de selênio na forma de selenato em solução (THOMSON & ROBINSON, 1986). Portanto, a absorção na forma de selenato é similar a selenometionina e esta tem melhor desempenho que selenito.

No metabolismo pós-absortivo das formas inorgânicas, o selenito é captado pelos eritrócitos, reduzido imediatamente a seleneto de hidrogênio (HSe), acoplado à albumina e transferido ao plasma, para então ser transportado ao fígado. O selenato, por sua vez, é incorporado diretamente aos hepatócitos, utilizando o mesmo sistema de transporte dos fosfatos na corrente sanguínea (GIERUS, 2007).

A selenometionina é o maior componente de microorganismos como levedura, que não é especializado na utilização de selênio. A levedura enriquecida com selênio é a forma comercial mais disponível de selênio em suplementos (REZANKA E SIGLER, 2008).

## 2.12 - SELÊNIO NOS COMPOSTOS BIOLÓGICOS

As plantas acumuladoras de selênio mais usadas na alimentação, são trigo (0,1 - 15mg/kg), castanha-do-brasil (2,0 – 35 mg/Kg ou mais), cogumelos (0,1-20 mg/kg); além dessas, têm as hiperacumuladoras, alho (300 mg/kg) e brócolis ( ~1000 mg/Kg) (REZANKA E SIGLER,2008).

As plantas acumulam Selênio (Se) em diferentes formas químicas. Algumas acumulam em relação direta a quantidade disponível do solo. Já as espécies acumuladoras de Se podem concentrar quantidades acima daquela presente no solo. O conteúdo e a forma química de Se em plantas podem ser alterados pela genética da planta ou pelas condições da produção agrícola (FINLEY, 2005).

O transporte e formas de assimilação de selênio e enxofre em plantas mostram similaridades e diferenças, como observadas em espécies de plantas hiperacumuladoras e não acumuladoras de selênio. As plantas acumuladoras de selênio podem ser divididas em 3 subgrupos: selenito-acumuladores (brócolis e pepino), selenometionina acumuladores (grãos como trigo e, também, cogumelos) e Se-metil selenometionina acumuladores (alho e cebola) (REZANKA E SIGLER,2008).

Alguns cogumelos acumulam selênio (Se). Uma pesquisa com 83 espécies de cogumelos selvagens relatou concentrações de Se variando entre 0.01 e 20 mg/kg. O cogumelo comestível (*Agaricus bisporus*) (Figura 9) pode acumular altas concentrações de Se. Outros cogumelos que podem acumular Se incluem *Boletus edulis* e *B macrolepiota* (Figura 9). Alguns estudos têm relatado Se de cogumelos como tendo baixa biodisponibilidade, o que tem sido relatado por estar presente em compostos de peso molecular baixo que não são selenocisteínas, selenometionina, ou selenito. O selenito e selenato são absorvidos por essas espécies e convertidos em selenocisteína e selenometionina, formas inorgânicas solúveis, vários aminoácidos livres e compostos orgânicos voláteis de selênio (STADTMAN,1996).

A alga azul-verde *Spirulina platensis* tem sido estudada como uma possível fonte de Selênio/iodeto farmacêutico. A forma seleno-metilcisteína, encontrada na alga marinha tende a se decompor produzindo piruvato, amônia e ácido metanoselênico (REZANKA E SIGLER, 2008).

Figura 9 – Espécies de cogumelos que acumulam selênio



*Agaricus bisporus* – cogumelo

Fonte: [www.mikoweb.com](http://www.mikoweb.com)



*Boletus edulis*

Fonte: [www.mtsn.tn.it](http://www.mtsn.tn.it)



*Boletus Macrolepiota*

Fonte: [www.drapc.min-agricultura.pt](http://www.drapc.min-agricultura.pt)

## 2.13- ASSOCIAÇÃO ENTRE O SELÊNIO E A VITAMINA E

A principal forma de vitamina E em suplementos é o  $\alpha$ -tocoferol, porém a forma  $\gamma$ -tocoferol também está presente na dieta dos norte-americanos. Durante os últimos 20 anos, os Estados Unidos mudaram sua dieta para incluir soja, relacionando-a ao câncer de próstata. A associação preventiva de risco de câncer de próstata com  $\alpha$ -tocoferol e selênio mostraram que esse micronutriente pode ser eficiente contra câncer de pele e pulmão (HELZLSOUER et al., 2000).

Poucos estudos associam o efeito de selênio e tocoferóis na ação contra câncer de próstata. Esse micronutriente tem ação antioxidante por ser um

componente da glutathione peroxidase, que interage com a vitamina E para proteger as células contra radicais reativos de oxigênio (HELZLSOUER, 2000).

A maioria dos estudos sobre vitamina E associado ao selênio está relacionado ao seu uso como suplementação dietética para determinar seu efeito antioxidante. A intervenção na dieta com selênio e vitamina E constatou a redução de 55% na mortalidade por doença neurovascular, a qual pode ser atribuída à ingestão de vitamina E e selênio (HARBOE- GONÇALVES et al., 2007).

HELZLSOUER et al (2000) mostraram que a associação entre  $\alpha$ -tocoferol,  $\gamma$ -tocoferol e selênio em alta concentração tem diminuído o risco de câncer de próstata. Estudos foram realizados com 32 homens saudáveis, no Chemoprevention Trial (SELECT), com o objetivo de avaliar se o Selênio e Vitamina E, juntos ou administrados separadamente, poderiam reduzir o câncer de próstata. O estudo foi conduzido no final de 2001, ao acaso, duplo-cego, durante 12 anos, administrados sozinhos ou juntos, podem reduzir cerca de 32% de câncer de próstata.

Apesar do mecanismo não estar ainda bem elucidado, algumas propostas da atividade anticancer do selênio foram abordadas, e isto incluiu a proteção antioxidante (via selenoproteínas), metabolismo carcinogênico alterado e regulação na proliferação de células cancerígenas (ZENG & COMB, 2008).

## **2.14 - TÉCNICAS DE ANÁLISE DE SELÊNIO:**

Os parâmetros que se devem considerar para a seleção de uma técnica analítica incluem: o limite de detecção e sensibilidade, a precisão analítica, os problemas com as interferências, o custo dos instrumentos, o rendimento das amostras, a possibilidade de atomização e os conhecimentos e aptidões do operador a cargo. Na atualidade, a maioria dos laboratórios utiliza, principalmente, as técnicas espectrométricas atômicas para a análise de elementos traço (VOGEL, 2002).

A técnica utiliza basicamente o princípio de que átomos livres (estado gasoso) gerados em um atomizador são capazes de absorver radiação de frequência específica que é emitida por uma fonte espectral. A quantificação obedece desta forma, os princípios da lei de Beer, conforme mostra a Figura 10.

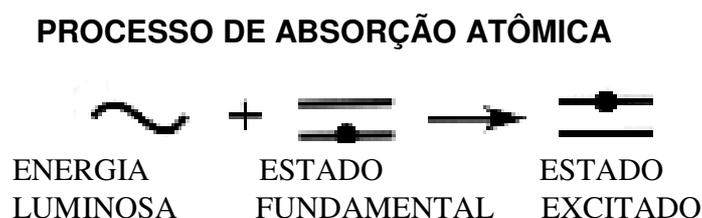


Figura 10 - representação da excitação dos elétrons durante a absorção atômica

Na absorção atômica, a única função da chama é converter o aerossol da amostra em vapor atômico, que pode então absorver a luz proveniente de uma fonte primária. A quantidade de radiação absorvida está relacionada com a concentração do elemento de interesse na solução (SKOOG,1998).

Os instrumentos empregados na técnica de Absorção Atômica possuem cinco componentes básicos, conforme Figura 11:

- 1 - A fonte de luz, que emite o espectro do elemento de interesse;
- 2 - A “célula de absorção”, na qual os átomos da amostra são produzidos;
- 3 - O monocromador, para a dispersão da luz e seleção do comprimento de onda a ser utilizado;
- 4 - O detector, que mede a intensidade de luz, transforma este sinal luminoso em um sinal elétrico e o amplifica;
- 5 - Um *display* (ou *registrador*) que registra e mostra a leitura depois do sinal ser processado.

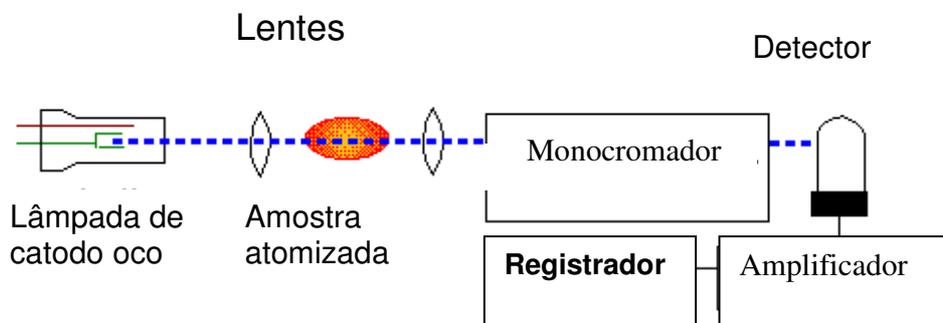


Figura 11 – Esquema interno do espectrofotômetro de absorção atômica.

A fonte de luz (lâmpada de catodo oco ou lâmpada de descarga sem eletrodos) emite o espectro específico do elemento da qual é feita, que é focalizado através da célula e do monocromador. Nas lâmpadas de catodo oco (LCO), o catodo é construído inteiramente, ou em parte, do metal que se deseja o espectro. O anodo (que pode ser um fio de tungstênio). Um potencial elétrico (300 a 500 V) é aplicado entre o anodo e o catodo, e a descarga elétrica ioniza alguns átomos do gás de preenchimento. Os íons positivos formados colidem com o catodo, carregado negativamente, deslocando átomos do elemento de interesse que estavam depositados sobre a superfície do catodo. Posteriormente, os átomos metálicos deslocados são excitados através do choque com os íons do gás ou com os elétrons. Ao voltarem para o estado fundamental, estes átomos liberam a energia absorvida sob a forma de luz, resultando em um espectro de emissão de linhas. As lâmpadas LCO possuem um tempo de vida útil limitado (SKOOG,1998).

A chama (Figura 12) não é uniforme ao longo do seu comprimento. À medida que se distancia do queimador, ela muda em forma, temperatura e composição. Em vista do processo de produção do estado atômico, é compreensível que o tempo de vida dos átomos livres seja limitado e que a maior concentração destes átomos seja encontrada em uma altura de chama definida, que seria, é claro, o melhor ponto para a passagem do feixe de luz.

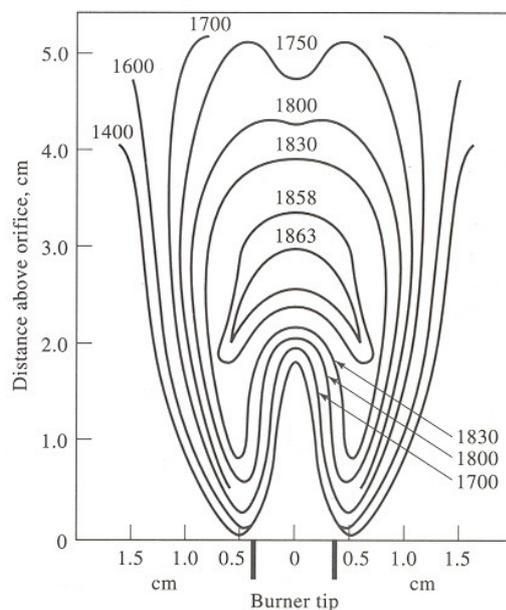


Figura 12 – A chama no processo de absorção atômica e diversas faixas de temperatura.

O método de absorção atômica convencional, utilizando chama, é bastante simples, baseando-se na absorção da radiação pelo átomo de selênio em comprimento de onda específico. Para análise de selênio há necessidade de ter o gerador de hidretos acoplado ao sistema, quando se trata de baixas concentrações na amostra (Figura 13). Nessa técnica, o analisado é reduzido a seu hidreto volátil, transferido mediante um jato de gás a uma célula de quartzo quente, descomposto e atomizado. A separação do analisado reduz em grande medida as interferências da matriz de tal modo que podem determinar níveis de concentração da ordem de  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . O método tem suas desvantagens; requer um tratamento especial depois da decomposição da amostra para gerar um estado de oxidação específico para a formação do hidreto e certos metais, por exemplo Cu e Fe podem interferir na formação do hidreto (SKOOG, 2002). As técnicas mais comuns para análise de selênio constam na Tabela 4.



Figura 13 – Espectrofotômetro de absorção atômica com gerador de hidretos.

Tabela 4 – Algumas técnicas de análise de selênio

Método Analítico*	Amostra	L.D amostra	Referências
HG-AAS	Sangue	$1 \times 10^{-2} \mu\text{g.g}^{-1}$	Clinton,1977
	Alimentos	$2 \times 10^{-3} \mu\text{g.mL}^{-1}$	EPA,1979a
GF-AAS	Solo	$3 \times 10^{-3} \mu\text{g.g}^{-1}$	Wels e Melcher,1985
	Fígado e ovos de aves	$4 \times 10^{-1} \mu\text{g.g}^{-1}$	Krynitsky,1987
ICP/AES	Soro Humano	$5,5 \mu\text{g L}^{-1}$	Recknagel et al.,1993
HGAES-ICP	Amostras marinhas	$5 \times 10^{-3} \mu\text{g.mL}^{-1}$	Doe,1987

\*HG-AAS – espectrofotometria de absorção atômica com geração de hidretos

GF- AAS – espectrofotometria de absorção atômica com forno de grafite

ICP/AES - espectrofotometria de emissão atômica com plasma induzido

HGAES-ICP - espectrofotometria de emissão atômica com geração de hidretos acoplada ao ICP

LD – limite de detecção

Fonte: Retirado do site:[www2.dbd.puc.rio.br/pergamum/tesesabertas/capitulo04.pdf](http://www2.dbd.puc.rio.br/pergamum/tesesabertas/capitulo04.pdf)

## 2.15 – DIGESTÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

NEVE et al (1982) concluíram que o ácido nítrico somente não foi o suficiente para digestão dos materiais biológicos devido à incompleta mineralização de alguns compostos orgânicos de selênio (L.Ldifenilselênio-4-terc-butilciclohexano, fenildimetilselênio, metilsulfonato e selenometionina). A mistura mais eficiente é  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) e  $\text{HClO}_4$  (ácido perclórico), pois dá uma maior recuperação de selênio, sendo o ácido nítrico predominante.

O ácido perclórico facilita a oxidação de materiais gordurosos e compostos orgânicos do selênio pela conversão para Se(IV). Perdas e /ou interferências podem ser minimizadas se a digestão não for levada à completa secagem (TINGII et al., 1992). A condição de redução do selênio Se(VI) para (IV) pode ser obtida por adição de HCl, agente redutor, no final da digestão. Algumas técnicas de análise de selênio (FOSTER & SUM, 1995).

### **3 - MATERIAIS E MÉTODOS**

A coleta das amostras de sangue foi realizada no Hemocentro Regional de Campos dos Goytacazes, que abrange quatorze municípios das Regiões Norte/Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Os doadores foram informados sobre a pesquisa e solicitados para participarem voluntariamente da mesma. Aos indivíduos que aceitaram colaborar com o estudo, foi solicitado responder um inquérito alimentar (APÊNDICE 1) e assinaram o termo de esclarecimento e livre consentimento (APÊNDICE 2). Os alimentos citados pelos doadores foram analisados quanto ao teor de selênio.

#### **3.1- COLETA DAS AMOSTRAS DE SANGUE DOS DOADORES**

O quadro fixo de doadores de sangue do Hemocentro é composto por maior número de indivíduos do sexo masculino, com idade entre 26-45 anos e do município de Campos dos Goytacazes. A coleta das amostras de sangue foi

realizada no período de novembro a dezembro de 2008, de um total de 200 doadores, de acordo com a ordem de chegada dos mesmos e na parte da manhã. Esta forma de coleta foi necessária pelas seguintes razões: havia grande variação no número de doadores de cada dia, variando de 10 a 50 doadores; o Hemocentro disponibilizou a coleta diária de, no máximo, 20 amostras por dia e em dias úteis. O recolhimento das amostras era feito pela manhã, já que na parte da tarde praticamente não havia doação.

Testes prévios foram realizados para se determinar a quantidade de sangue ideal para a análise do selênio. O sangue de cada doador foi coletado em dois frascos de 4mL com anticoagulante e levados para o laboratório da Universidade Estadual do Norte Fluminense (Uenf), diariamente, devidamente acondicionados em caixa térmica com gelo, iniciando-se a seguir o preparo das mesmas.

### **3.2.- COLETA DOS ALIMENTOS**

Com base nos resultados do inquérito alimentar, foram identificados os alimentos mais consumidos, isto é, com freqüência de consumo de uma vez por semana ou mais. A castanha-do-Brasil, castanha-de-caju e peixe enlatado (sardinha), por serem relatados na literatura como contendo elevado teor de selênio também foram analisados. Os alimentos que foram citados com freqüência raramente ou nunca não foram analisados. Amostras destes alimentos foram coletadas no comércio varejista da cidade de Campos dos Goytacazes e adjacências, por meio de compra, para posterior determinação dos teores de selênio; no período de julho de 2008 até janeiro de 2009.

Das amostras de peixe marinho (caçã, pescada, pargo e camarão rosado) uma foi adquirida na rede varejista, uma no mercado municipal da cidade de Campos e a outra de pescadores da região. Para os peixes de rio (traíra, camarão

cinza e tilápia) foram adquiridas duas amostras no mercado varejista, e uma no mercado municipal.

Foram analisadas três amostras de cada alimento. No APÊNDICE 3, consta o plano de amostragem para cada grupo de alimento identificado como mais consumido pelos doadores de sangue. As amostras foram escolhidas ao acaso.

### **3.3 ANÁLISE DE SELÊNIO**

#### **3.3.1 – PREPARO DAS AMOSTRAS**

Todo o material utilizado para a determinação de selênio (beckers, pipetas, tubos de ensaios, entre outros) passaram por etapas de limpeza com imersão em solução de ácido a 5 %v/v por 24 h, finalizando com enxágüe em água deionizada, para eliminar incrustações e excluir a possibilidade de contaminação com o elemento a ser analisado.

As alíquotas de sangue foram transferidas para os frascos e pesadas. Foram adicionados os reagentes de padrão analítico (P.A): ácido nítrico, peróxido de hidrogênio e ácido perclórico, na proporção (15:2:1), para oxidação da matéria orgânica com aquecimento em torno de 150°C até o aparecimento de vapores brancos. Primeiro foram adicionados o ácido nítrico e o peróxido de hidrogênio para fazer uma pré digestão e por último a adição do ácido perclórico. As amostras foram levadas ao aquecimento mais brando (70°C durante 30 minutos) com a adição do HCl para redução do selênio de Se<sup>VI</sup> para Se<sup>IV</sup>, forma na qual é feita a determinação por espectrofotometria de absorção atômica. As amostras digeridas foram diluídas em água deionizada e levadas ao volume final de 15 mL. As amostras de alimentos foram analisadas da mesma forma que as amostras de sangue e o volume final levado para 25mL. O fluxograma do processo da digestão das amostras consta na Figura 13.

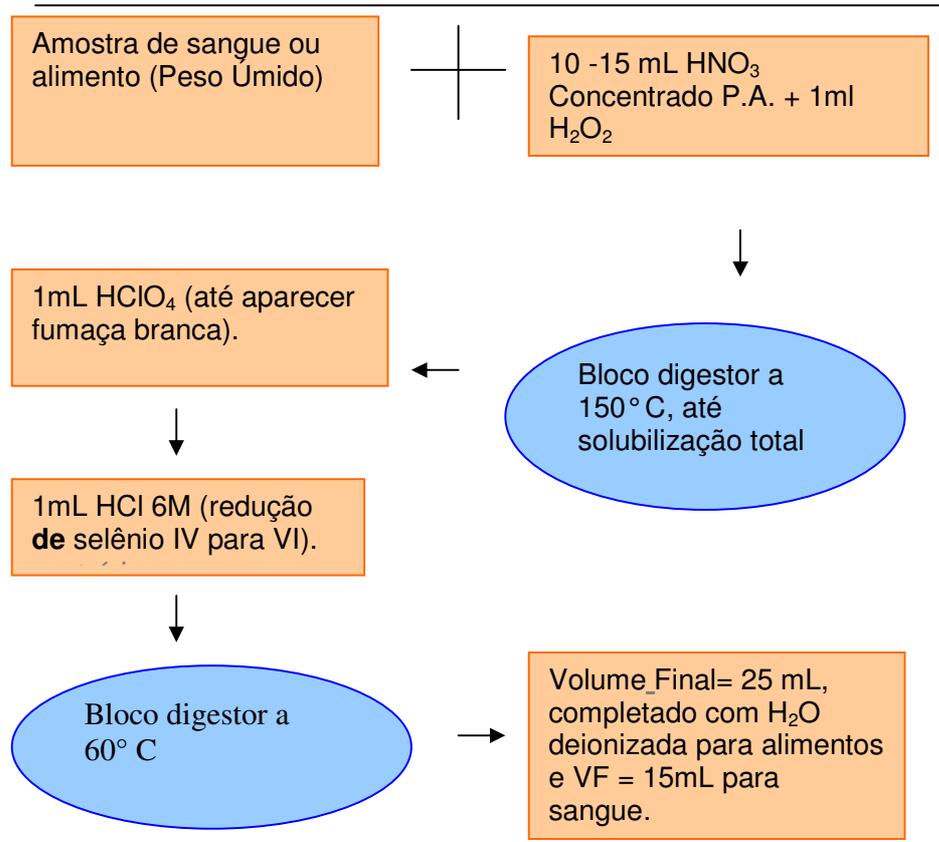


Figura 13: Fluxograma da técnica para o preparo das amostras para a leitura dos teores de selênio.

### 3.3.2 – LEITURA DOS TEORES DE SELÊNIO NAS SOLUÇÕES

Para a leitura do selênio foi usado um espectrofotômetro de absorção atômica - AAS (GBC Avanta, modelo 3000) com chama Ar – acetileno acoplado a gerador de hidretos. As condições do AAS foram as seguintes: lâmpada de cátodo oco com corrente de 10mA, comprimento de onda de 196nm, fenda de 2,0 nm e chama ajustada com vazão de 2L/min de acetileno e 6L/min de ar. A curva padrão ( Figura 14) foi preparada a partir de uma solução estoque de 1000 mg L<sup>-1</sup> de selênio (Merck) com concentrações de 1 até 50 µg L<sup>-1</sup>. Todas as soluções foram preparadas com água deionizada.

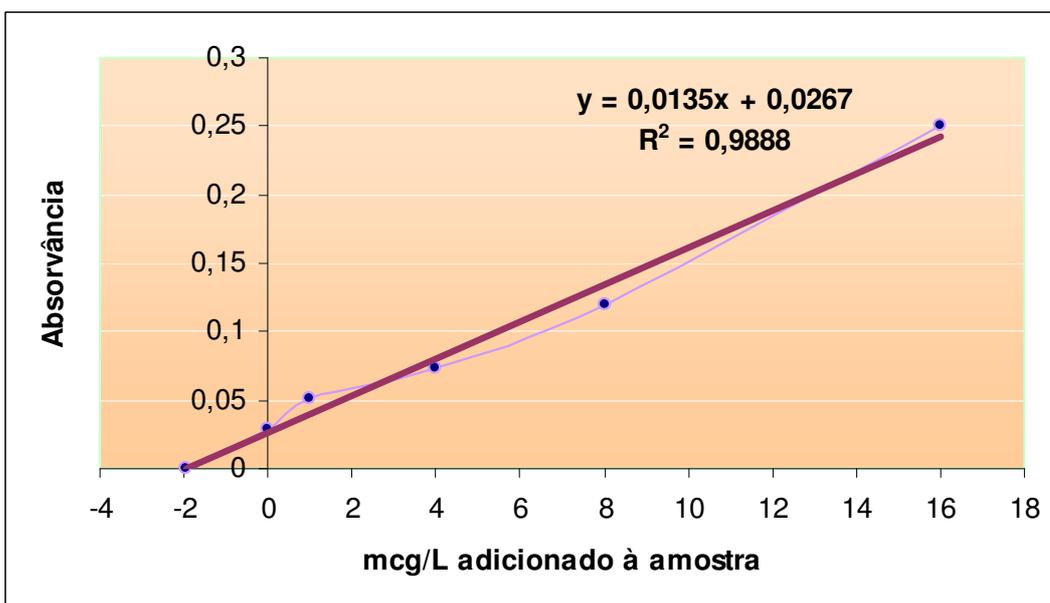


Fig. 14 – Padronização interna: x=0 refere-se à amostra sem adição de selênio e as demais se referem à amostra com as especificadas adições de selênio .

A validação do método foi feita por padronização interna. Amostras de carne bovina foram levadas para digestão sem adição e com adição de quantidades crescentes e conhecidas de selênio, de forma que a solução final, excluindo a quantidade de selênio presente na amostra, apresentasse as seguintes concentrações: apenas a concentração de selênio presente na amostra (amostra sem adição de selênio) e quantidade de selênio presente na amostra mais 1,0; 4,0; 8,0 e 16,0  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . O teor de selênio encontrado na carne bovina foi de 1,9  $\mu\text{g g}^{-1}$  e a taxa de recuperação foi de 100% com desvio padrão  $\pm 5,5$ .

### 3.4 - SUGESTÃO DE CARDÁPIO PARA OS DOADORES DE SANGUE QUE POSSA LHE FORNECER A QUANTIDADE IDEAL DE SELÊNIO

Foi elaborado um cardápio com intuito de que a alimentação dos doadores pudesse lhes fornecer a quantidade diária ideal deste elemento. O mesmo foi

elaborado baseado nos alimentos consumidos com maior frequência (1 vez por dia ou mais, 1 vez por semana ou 2-3 vezes por semana) pelos doadores do Hemocentro. As porções usadas foram determinadas pela resolução da ANVISA - RDC 359/03, que define as porções dos alimentos para fins de rotulagem nutricional. O cardápio sugerido está no APÊNDICE 3 .

### **3.5 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM DADOS DA LITERATURA**

Para efeito de comparação os dados sobre teores de selênio em sangue de indivíduos e de alimentos encontrados na literatura foram convertidos para uma mesma unidade. Os números originais com respectivas unidades estão no APÊNDICE 4.

### **3.6 - ANÁLISE ESTATÍSTICA**

A estatística constou de análise de variância e comparação das médias pelo teste GLM a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAS SYSTEM. O teor de selênio no sangue de doadores foi correlacionado com as variáveis: idade, sexo e local. A frequência alimentar não foi avaliada devido às variações na dieta, custo de vida, sazonalidade de alguns alimentos e oscilações na quantidade ingerida dos alimentos.

## **4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. TEORES DE SELÊNIO NOS ALIMENTOS MAIS CONSUMIDOS PELOS DOADORES DE SANGUE DO HEMOCENTRO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.**

O perfil dos doadores entrevistados durante a coleta das amostras está listado na Tabela 6. A maioria foi do sexo masculino (aproximadamente 80%), do município Campos dos Goytacazes, também com a participação de aproximadamente 80% dos doadores e com idade entre 26-45 anos (56% dos doadores) e em segundo entre 36-45 anos (28,5% dos doadores). Quanto aos municípios classificados como outros foram: Cambuci, Cardoso Moreira, Santo Antônio de Pádua, Itaocara, Macaé, Itaperuna, Italva ,entre outros com a participação de menos de 1% dos doadores..

Tabela 6 – Perfil dos doadores entrevistados com relação à idade, ao sexo e localidade

Localidade e Faixa etária	Sexo feminino		Sexo masculino		Total
	Número	%	Número	%	
<b>Campos dos Goytacazes</b>					
18 a 25 anos	9	4,5%	22	11%	31
26 a 35 anos	14	7%	47	23,5%	61
36 a 45 anos	8	4%	35	17,5%	43
46 a 55 anos	4	2%	18	9%	22
56 até 60 anos	0	0%	4	2%	4
<b>Miracema</b>					
18 a 25 anos	1	0,5%	2	1%	3
26 a 35 anos	2	1%	4	2%	6
36 a 45 anos	0	0%	1	0,5%	1
46 a 55 anos	0	0%	1	0,5%	1
56 até 60 anos	0	0%	0	0%	0
<b>São Fidélis</b>					
18 a 25 anos	0	0%	0	0%	0
26 a 35 anos	0	0%	5	2,5%	5
36 a 45 anos	0	0%	1	0,5%	1
46 a 55 anos	0	0%	2	1%	2
56 até 60 anos	0	0%	0	0%	0
<b>São João da Barra</b>					
18 a 25 anos	0	0%	0	0%	0
26 a 35 anos	0	0%	2	1%	2
36 a 45 anos	1	0%	1	0,5%	2
46 a 55 anos	0	0%	0	0%	0
56 até 60 anos	0	0%	0	0%	0
<b>São Francisco</b>					
18 a 25 anos	1	0,5%	2	1%	3
26 a 35 anos	0	0%	1	0,5%	1
36 a 45 anos	0	0%	0	0%	0
46 a 55 anos	0	0%	0	0%	0
56 até 60 anos	0	0%	0	0%	0
<b>Outros</b>					
18 a 25 anos	1	0,5%	3	1,5%	4
26 a 35 anos	1	0,5%	7	3,5%	8
36 a 45 anos	0	0%	0	0%	0
46 a 55 anos	0	0%	0	0%	0
56 até 60 anos	0	0%	0	0%	0

A Tabela 7 apresenta as médias dos teores de selênio ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ ) encontrados nos alimentos e as respectivas amplitudes de variação. Os alimentos com menores teores de selênio foram as frutas, verduras, legumes e bebidas (0,0 a 1,4  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ) e farináceos e cereais (2,1 a 6,7  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ). Já os alimentos com maiores teores de selênio foram os laticínios (1,3 a 19,6  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ), carnes e ovo (3,3 a 13,7  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ), peixes (9,7 a 49,2  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ) e castanhas (11,0 a 45,5

ug/100g). Os teores encontrados estão semelhantes aos preconizados por FERREIRA et al (2002).

Tabela 7 – Teores de selênio dos principais alimentos consumidos pelos doadores de sangue do Hemocentro do município de Campos dos Goytacazes, RJ

Teor de Selênio ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ alimento)			Teor de Selênio ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ alimento)		
	Teor médio	Amplitude		Teor médio	Amplitude
LATICÍNIOS			EMBUTIDOS E ÓLEOS		
Leite integral	1,3	1,0-1,5	Lingüiça suína	4,8	4,5-5,2
Leite desnatado	3,7	2,0-4,6	Mortadela	3,1	2,6-4,0
Achocolatado	1,6	1,0-2,4	Presunto	4	3,6-4,7
Queijo minas frescal	8,7	8,3-8,9	Margarina	0	-
Queijo muçarela	19,6	17,6-24,8	Manteiga	1,7	1,4-1,9
Requeijão	11,1	9,4-13,7	Óleo de soja	0	-

Teor de Selênio ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ alimento)			Teor de Selênio ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ alimento)		
	Teor médio	Faixa		Teor médio	Faixa
CARNE E OVO DE GALINHA			FARINÁCEOS E CEREAIS		
Ovo inteiro	10,2	9,3-11	Pão de forma	3,8	2,6-4,7
Carne bovina (filé)	7,1	5,6-9,4	Pão francês	4,7	2,6-8,4
Carne bovina (capa de filé)	4,7	2,7-6,4	Biscoito tipo cream craker	5,7	1,7-8,8
Alcatra	5,4	3,9 -6,4	Biscoito tipo maria	3,1	1,4-4,7
Peito de frango	3,3	2,7-3,9	Macarrão	2,1	1,5-2,4
Coxa	13,7	9,0-20,7	Arroz	3,1	1,3-5,6
Sobrecoxa	11	10-12,6	Feijão preto	6,7	1,6-11,5
Carne de porco	2,3	2,0-2,6	Farinha de mandioca	1,0	0.8-1,2

Continuação da Tabela 7

Teor de Selênio ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ alimento)			Teor de Selênio ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ alimento)		
PEIXES	Teor médio	Faixa	BEBIDAS E CASTANHAS	Teor médio	Faixa
Cará	26,6	21,0-34,0	Suco de caju industrializado	0	0,01-0,03
Tilápia	12,4	9,4-13,5	Suco de laranja natural	0	0,016-0,05
Traíra	16,2	11,0-24,0	Café com açúcar	0	0,05-0,88
Camarão cinza	9,7	8,0-12,0	Café com leite	1,4	1,0-1,7
Sardinha em lata(óleo)	49,2	45,1-54,3	Chá tipo mate	0	0,03-0,05
Pescada	22,5	14,0-32,0	Refrigerante tipo cola	0	0,07-0,12
Cação	26,7	25,0-29,0	Refrigerante guaraná	0	0,03-0,09
Pargo	14,3	13,0-15,0	Castanha-do-Brasil	45,5	38,0- 49,0
Camarão rosado	13	11,0-14,0	Castanha-de-caju	11	7,0-15,0

FRUTAS E LEGUMES	Teor de Selênio ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ alimento)		VERDURAS E TEMPEROS	Teor de Selênio ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ alimento)	
	Teor médio	Faixa		Teor médio	Faixa
Banana-prata	0		Alho	1,1	1,0-1,3
Laranja-pêra	0		Cebola	1,4	0,87-2,3
Maçã gala	0		Alface	0	
Tomate	1,4	0,8-1,9	Couve	1,3	1,16-1,28
Batata	0		Agrião	0	
Cenoura	0		Salsa	0	
Chuchu	0		Cebolinha	0	

OBS: queijo muçarela ou mozzarella (Houaiss e Michaelis)

Conforme se pode observar na Tabela 7, os teores de selênio (Se) na faixa de 1- 10  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , representaram 47%, ou seja, quase a metade dos alimentos analisados. Na faixa de 10,1 -20,0  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de alimento (15%) e são os alimentos de origem animal, como queijo muçarela, peixes e carnes, com exceção a castanha-de-caju. Acima de 20  $\mu\text{g}/100\text{g}$  (9%) somente se encontram alguns tipos de peixes e a castanha-do-Brasil. Contudo, os alimentos de origem vegetal (frutas, legumes e hortaliças) com teores abaixo de 1  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , representaram 29% do total de alimentos.

Dentre os alimentos de origem vegetal, a castanha-do-Brasil e a castanha-de-caju se destacaram na quantidade de selênio. FREITAS et al (2008), estimaram que 5,2% das castanhas podem apresentar mais de 400 µg de Se/castanha (limite superior tolerável de ingestão) e que 25,5% podem apresentar menos de 55 µg de Se/castanha (ingestão dietética recomendada). LEMIRE et al. (2006) afirmam que processos de irrigação e inundação aceleraram a liberação de selênio para o solo do ecossistema da Amazônia. Estas características podem favorecer a disponibilidade do selênio para bioacumulação realizada por algumas espécies de plantas. Teores elevados de selênio também foram observados em outros alimentos regionais, como coco, o leite de coco e os peixes.

Analisando o teor de selênio nos grupos de alimentos observou-se que nos laticínios, os queijos e o requeijão, apresentaram um teor de selênio mais alto comparado ao leite, achocolatado e café com leite, que possuem mais água em sua composição centesimal.

Os alimentos de origem vegetal não são boas fontes de selênio (Tabela 6). Os alimentos contendo farinha de trigo em sua composição apresentaram teores mais elevados de selênio, comparados aos legumes e frutas. Porém, os destaques foram para a castanha-de-caju e castanha-do-Brasil. Ressalta-se que das três amostras de castanha-de-caju analisadas, uma foi adquirida do mercado varejista da Região Norte Fluminense, outra no estado da Bahia, e outra do estado do Rio Grande do Norte, mas a diferença entre os teores de selênio destas amostras não foi expressivo. Já na amostras de castanha-do-brasil, que também foram adquiridas nestes mesmos locais, observaram-se maiores teores de selênio na amostra adquirida no Rio Grande do Norte, talvez pela presença de película nessas amostras. SOUZA E MENEZES (2004) também observaram teores mais elevados de selênio em amostras de castanha-do-brasil com película.

FREITAS et al (2008) estimaram que 5,2% das castanhas podem apresentar mais de 400 µg de Se/castanha (limite superior tolerável de ingestão) e que 25,5% podem apresentar menos de 55 µg de Se/castanha (ingestão diária recomendada). LEMIRE et al (2006) afirmam que processos de inundação e irrigação aceleram a liberação de selênio para o solo do ecossistema da

Amazônia. Estas características podem favorecer a disponibilidade do selênio para bioacumulação realizada por algumas espécies de plantas.

De acordo com FERREIRA et al (2002), a presença de selênio em determinadas formulações fertilizantes e rações animais e o teor de selênio no solo podem ser a explicação para as variações observadas na concentração de selênio entre amostras do mesmo tipo de alimentos, inclusive nos alimentos de origem animal. E segundo LYONS (2003), a redução dos teores de selênio nos alimentos pode estar associada com a queima de combustíveis fósseis, chuva ácida, acidificação do solo e o uso de fertilizantes sulfurados.

O objetivo deste trabalho não foi avaliar a variação do teor de selênio nos alimentos, por isso, o número de amostras não foi suficiente para a realização de análise estatística com intuito de comprovar diferença entre os teores de selênio de mesmo tipo de alimentos ou suas partes.

Algumas estratégias podem ser utilizadas para aumentar a ingestão diária de selênio, tais como: suplementação individual, fortificação dos alimentos, suplementação do gado, fertilização nas plantações e plantas criadas para acumular selênio. Evidências sugerem que a diminuição no teor de selênio nos alimentos pode estar associada à queima de combustível fóssil, chuva ácida, acidificação do solo e ao uso de fertilizantes sulfurados (LYONS, 2003).

Porém, a suplementação de selênio tem que ser realizada com máximo rigor, pois o excesso de selênio na alimentação pode causar danos à saúde, como a perda de cabelo, enfraquecimento das unhas, erupção na pele e distúrbios gastrointestinais. O nível de ingestão tolerável (UL) é de 400 µg/dia (WHO/FAO, 2001).

Na Tabela 8, são mostrados os teores de selênio (µg/100g de alimento) em alimentos de diferentes países, incluindo os teores de selênio encontrados nos alimentos analisados do presente trabalho.

Tabela 8 - Teores de selênio nos alimentos em vários países, incluindo os da região Norte Fluminense – RJ – Brasil

ALIMENTOS	INGLATERRA	CROÁCIA	DAKOTA DO NORTE	NOVA ZELÂNDIA	JAPÃO	PRESENTE TRABALHO
Arroz	13	4	33,5	2,6	1,3	3,1
Pão	4,4	4,7	22,8	1	44,9	4,7
Batata	1,6	0,9	-	0,29	0,5	0
Carne bovina	7,6	13,1	37,1	-	25,7	10,2
Carne de porco	14	18,3	35,4	3,1	38,2	2,3
Frango	-	16,3	34,9	12	13,6	13,7
Atum	-	85,9	-	-	59,1	-
Sardinha	-	57,1	-	32	34,9	49,2
Leite	1,5	4,09	-	0,6	2,0	1,3
Queijo processado	6,7	5,34	-	3,4	24,7	19,6
Ovo de galinha	-	17,7	4,7	18	37,3	10,2
Couve	-	6,6	-	1,66	1,3	1,3
Alface	-	1,45	-	0,09	0,7	0
Tomate	-	0,79	-	0,2	0,3	1,4
Maçã	-	0,8	-	0,09	0,3	0
Banana	-	2,0	-	0,9	1,1	0
Laranja	-	0,8	-	0,12	0,2	0

Fonte: ABDULAH, 2005

Esses resultados mostram que a maior parte dos alimentos analisados não é boa fonte de selênio e que para se adquirir a quantidade adequada deste microelemento na dieta é relevante se ingerir alimentos de origem animal. De acordo com a Tabela 8, há variação na quantidade de selênio de acordo com seu local de origem, confirmando-se a relação direta do teor de selênio nos alimentos e as características do solo de cada país.

### **4.3. FREQUÊNCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS PELOS DOADORES DE SANGUE**

A correlação da frequência de consumo com o teor de selênio encontrado no sangue dos doadores não pode ser realizada, pois há diversas variáveis que influenciariam nos resultados, como: custo de vida, sazonalidade de vegetais e frutas, variação nos hábitos de consumo, quantidade ingerida de cada alimento. Alguns aspectos positivos e saudáveis foram observados no hábito alimentar dos indivíduos entrevistados, tais como: baixo consumo de bebidas alcoólicas, doces, lanches e alimentos industrializados (enlatados, embutidos e semiprontos).

Os alimentos mais consumidos pelos doadores entrevistados, com frequência de pelo menos “1 vez ao dia”, foram: arroz, feijão, frango, pães, biscoitos, manteiga, margarina, café e café com leite. Entre as hortaliças e legumes, são mais consumidos, a alface, a batata e a cenoura. Entre as frutas, a banana teve o consumo mais citado entre as demais.

Alimentos como peixes, embutidos, refrigerantes, queijos, bolo, maionese, salada e enlatados tiveram maior frequência de consumo de “uma vez por semana”. Determinados alimentos não foram citados pelos doadores, especificamente, macarrão instantâneo, sopas desidratadas, pão integral e alimentos diets.

Observou-se que os hábitos alimentares dos indivíduos são influenciados por fatores econômicos, sociais, familiares e religiosos, assim como pela localidade e idade. Os indivíduos mais jovens consomem mais alimentos industrializados que os idosos, assim como aqueles que moram em região urbana. Aqueles menos favorecidos economicamente têm sua dieta baseada no consumo de farináceos, cereais e leguminosas, ou seja, com pouca ingestão de alimentos de origem animal. Alguns doadores que residem próximo às margens do rio Paraíba do Sul e têm por hábito pescar ou são pescadores, consomem mais peixes. O baixo consumo de bebidas alcoólicas foi associado a hábitos religiosos ou motivo de saúde. O hábito de comer castanhas com frequência, foi citado

apenas por 1 doadora. Frango foi o tipo de carne mais consumido seguido de carne vermelha. Na Tabela 9, se encontra a porcentagem de doadores e as respectivas freqüências de consumo dos alimentos fontes de selênio citados no questionário. As escalas de freqüência de consumo constam no modelo usado no inquérito alimentar, no APÊNDICE1.

Tabela 9 – Freqüência de consumo dos alimentos com teores mais elevados de selênio versus porcentagem de doadores que citaram o referido alimento

ALIMENTOS		FREQUÊNCIA DE CONSUMO x PORCENTAGEM DE DOADORES		
		diária	semanal	Raramente ou nunca
Carnes e ovos	Carne de boi	44,5	53	2,5
	Frango	73	24	5
	Peixe	20,5	60	19,5
	Lingüiça	11	47	42
	Carne salgada	21	60	19
	Ovo de galinha	7	66	27
Cereais e Farináceos	Arroz	93,5	2,5	4,0
	Feijão	82,5	11	6,5
	Macarrão	29,5	58	12,5
	Pão francês	75,5	15,5	9
	Biscoito salgado	73	12,5	14,5
	Biscoito doce	39	40	21
Frutas Laticínios Margarina	Margarina	41	39	19,5
	Manteiga	38	45,5	16,5
	Queijo minas	35	51,5	13,5
	Queijo amarelo	33	53	14
	Leite	51,5	30,5	18
	Achocolatado	47,5	39	13,5
	Café com leite	61,5	20	18,5
	Banana	39	43	18
	Laranja	31	48	21

Freqüência de consumo: diária (todos os dias e 2 vezes ao dia); semanal (1 vez por semana e de 2-3 vezes ao mês)

Na Tabela 9 foi observado que dentre os alimentos fontes de selênio os mais consumidos diariamente foram frango, arroz, feijão, pães e leite. Dentre as carnes citadas, o frango foi o único tipo mais consumido diariamente, em segundo a carne vermelha e bem menos citados os peixes e os embutidos. Os cereais e farináceos somente o macarrão teve maior frequência semanal à diária. Dentre os laticínios, o leite obteve frequência diária um pouco acima da semanal, e os queijos foram mais citados com frequência semanal. Das frutas descritas no questionário (APÊNDICE .1) apenas a banana foi a mais consumida pelos doadores, apesar da frequência de consumo semanal ter sido a mais citada.

Não estão incluídos na tabela os legumes e verduras, por não serem fontes de selênio, porém o consumo dos legumes e verduras, foi mais freqüente quando comparados às frutas.

Dentre esses alimentos citados com frequência diária, apenas o frango possui um teor de selênio elevado (2,7 – 20, 7  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ). Se na dieta dos indivíduos entrevistados fossem incluídos com frequência diária alimentos como o queijo (8,3 -8,9  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ), a carne bovina (2,7 - 9,4  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ) e os peixes (9,4 - 32  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ) os teores de selênio encontrados no sangue dos doadores do Hemocentro poderiam ser maiores do que o encontrado.

O hábito de consumir bebidas alcoólicas não foi citado pela grande parte dos doadores. Porém, o nível de selênio no sangue pode ser afetado pelo consumo de bebidas alcoólicas. Isto se deve ao metabolismo do álcool que aumenta a peroxidação lipídica. A glutathione normalmente protege hepatócitos de danos oxidativos causados por peróxidos lipídicos (LUTY-FRANCKIEWICZ e JETHON, 2002).

Considerando-se a influência direta da ingestão de selênio na dieta e o teor de selênio no sangue, a frequência de consumo de alimentos fontes de selênio é um fator determinante para a garantia de um bom teor de selênio no organismo. Contudo, há grandes oscilações neste fator, por exemplo, custo de vida, sazonalidade de alguns alimentos, mudanças de hábitos, entre outros.

A correlação da frequência alimentar na quantidade de selênio no sangue dos doadores não foi observada. Isso se deve pela variedade no consumo

dos alimentos que é composta de vários itens na dieta, a interação entre os alimentos, variação do consumo por sazonalidade, variação nos custos de vida, variação na quantidade ingerida, entre outros fatores.

#### **4.3 – TEORES DE SELÊNIO NO SANGUE DOS DOADORES DE SANGUE DO HEMOCENTRO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ**

O teor médio de selênio no sangue dos doadores foi de 70ng/g, variando de 50 -80 ng/g. Somente 33% dos doadores estavam acima do teor médio de selênio, ou seja, a população estudada está ingerindo poucos alimentos fontes deste microelemento. Na Tabela 10, estão as médias encontradas do teor de selênio no sangue total dos doadores do Hemocentro de Campos.

O teor mais baixo entre os doadores do sexo masculino foi de 30 ng/g, cuja faixa etária situava entre 26-35 anos. O mais alto foi 150 ng/g, faixa etária entre 46-55 anos. Com base na frequência alimentar dos dois doadores, verificou-se através do inquérito alimentar desses doadores que a diferença está na maior ingestão de carnes e laticínios.

No sangue dos doadores do sexo feminino, o teor de selênio mais baixo foi de 30ng/g detectado em doadora com idade entre 26-35 anos. Já o mais elevado foi 130 ng/g, detectado em doadora com idade entre 36-45 anos. Na doadora com o teor mais elevado de selênio no sangue, foi detectado ingestão de alimentos de origem animal e o hábito diário de ingerir diversos tipos de castanhas e nozes, incluindo a castanha-do-brasil.

LEMIRE et al.(2006) avaliaram o teor de selênio e mercúrio no sangue de 236 moradores de comunidades próximas ao Rio Tapajós, na região Amazônica. Com relação ao selênio, foi encontrado 284 ng mL<sup>-1</sup>, com variação de 142-2029 ng mL<sup>-1</sup>. A elevada concentração de selênio no sangue foi atribuída a hábitos alimentares específicos da população estudada, com elevado consumo de peixes e castanha-do-brasil, muito utilizada em diversos pratos da culinária regional.

Tabela 10 – Teores de selênio detectados no sangue dos doadores de sangue ( $\mu\text{g/g}$ ) do Hemocentro de Campos dos Goytacazes, RJ

Faixa Etária	Número de indivíduos			Número de indivíduos			Total
	(F)	Média <sup>1</sup> $\pm$ D P <sup>2</sup>	Amplitude	(M)	Média <sup>1</sup> $\pm$ DP <sup>2</sup>	Amplitude	
18 – 25 anos	11	69 $\pm$ 19	40 – 110	28	73 $\pm$ 19	40-130	39
26 – 35 anos	15	66 $\pm$ 22	35 – 120	56	78 $\pm$ 20	30-130	71
36 – 45 anos	12	70 $\pm$ 23	40 –130	45	72 $\pm$ 23	45-150	57
46 – 55 anos	4	65 $\pm$ 22	30 – 120	25	70 $\pm$ 20	35-100	29
56 a 65 anos	0		-	4	75 $\pm$ 18	50-100	4
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>70<math>\pm</math>23</b>		<b>158</b>	<b>74<math>\pm</math>22</b>		<b>200</b>

1 – Média em ng/g 2 - Desvio Padrão. Não houve diferença significativa entre sexo e faixa etária a 5% de significância. (F) – feminino (M) – masculino

O teor médio de selênio no sangue nos indivíduos entre 18-25 anos (19,5% dos doadores) apresentou média de 69-73 ng/g. Os maiores teores de selênio foram encontrados no sangue nos doadores com faixa etária entre 26-35 anos (35,5%), 66-78 ng/g. Os doadores com idade entre 36-45 anos (57%) e com idade entre 46-55 (29%), apresentam teor médio de selênio entre 70-72 ng/g. A análise estatística não constatou diferença significativa entre os teores de selênio por faixas etárias, em nível de 5% de significância. As variáveis, sexo e localidade também não influenciaram nos teores de selênio encontrado no sangue dos doadores do Hemocentro de Campos dos Goytacazes -RJ. Provavelmente, isto se deve à predominância nos doadores do sexo masculino (79%), faixa etária entre 26-45 anos (64%) e naturais do município de Campos dos Goytacazes (80%).

Esses resultados estão de acordo com CAUWENBERGH et al (2007), que detectaram concentração de selênio no sangue da ordem de 79,7 ng mL<sup>-1</sup>, variando de 55 -117,4 ng mL<sup>-1</sup>, respectivamente, para homens e mulheres, não havendo também diferença significativa entre sexo. Porém, CLACK et al (2007) encontraram diferença entre os níveis de selênio no sangue de homens e mulheres, sendo respectivamente, 137 ng mL<sup>-1</sup> e 127,2 ng mL<sup>-1</sup>. CAUWENBERGH (2007) et al, observaram que em relação ao teor de selênio no sangue em adultos saudáveis, foi mais elevado que nos idosos, havendo diferença estatística.

Os teores de selênio detectados no sangue dos doadores do Hemocentro são inferiores aos detectados em diferentes grupos populacionais. GAMBHIR E LALI (2006) realizaram um estudo para quantificar selênio no sangue de indianos e as médias encontradas foram de 169,00 ng mL<sup>-1</sup> e 139,00 ng mL<sup>-1</sup> em homens e mulheres, respectivamente, não havendo diferença significativa entre sexo.

DWORKIN (1985) analisou o sangue de 27 indivíduos normais, 30 alcoólicos assintomáticos e 16 alcoólicos com doenças no fígado. No primeiro grupo foi encontrado um teor médio de 109 ng mL<sup>-1</sup>. No segundo 76 ng mL<sup>-1</sup> e 47 ng mL<sup>-1</sup> no último grupo. Comparando-se com o teor médio de selênio detectado no sangue dos doadores do Hemocentro de Campos, este valor é superior aos encontrados nessa região.

Segundo NPC (Prevenção Nutricional de Câncer), o nível mínimo de selênio no sangue é 80 ng mL<sup>-1</sup>, necessário para máxima produção das selenoproteínas (glutathione peroxidase, tireodoxina redutase, etc.). RAYMAN (1997) mostrou um estudo ratificando que o nível ótimo de selênio é de 100 ng mL<sup>-1</sup>, é o requerido para atividade máxima da expressão das selenoproteínas. A grande maioria da população mundial não atinge esse nível de selênio no sangue (SAFARIZADEH, 2005). Neste contexto, a média do teor de selênio no sangue dos doadores da região Norte/Noroeste Fluminense está abaixo do preconizado pelo NPC, ou seja, a função antioxidante das selenoproteínas nesses indivíduos estaria diminuída, pois somente 34% dos doadores possuíam teores de selênio acima de 80 ng mL<sup>-1</sup> e 11% dos doadores estavam com teor médio de selênio no sangue acima de 100 ng mL<sup>-1</sup>.

AL-SALEH E BILLEDO (2006) analisaram na Província de Al Kharj, o sangue de 743 indivíduos e encontraram um teor médio de 107 ± 23 ng mL<sup>-1</sup> de selênio. Esses teores estão acima do que foi encontrado nas amostras de sangue dos doadores de sangue do Hemocentro de Campos.

De acordo com diversas pesquisas, há uma relação direta entre os teores de selênio da dieta e os teores do sangue. ORTUÑO (1997) avaliou a ingestão de selênio e os teores deste elemento no sangue de indivíduos saudáveis na Espanha. Detectou níveis plasmáticos de 87 ng mL<sup>-1</sup> com uma ingestão média de selênio de

221 µg/dia. Conforme se pode observar, os teores de selênio no sangue dos doadores do Hemocentro de Campos foram também inferiores aos dos espanhóis.

Uma pesquisa realizada no Teerã, na qual foram pesquisados os teores de selênio no soro sanguíneo de doadores com mais de 16 anos, foram detectados  $100,6 \pm 13 \text{ ng mL}^{-1}$  de selênio, sendo  $93,9 \pm 14 \text{ ng mL}^{-1}$  entre as mulheres e entre os homens  $102,2 \pm 12 \text{ ng mL}^{-1}$ . Apesar do teor médio de selênio ter sido mais alto no soro sanguíneo dos homens do que das mulheres, esta diferença não foi estatisticamente significativa. O consumo diário de selênio pelos homens e mulheres foi calculado em 67 µg/dia e 62,1 µg/dia, respectivamente (SAFARALIZADEH et al, 2005).

De acordo com os diversos trabalhos dos autores citados, observou-se que o teor de selênio no sangue nos doadores da região Norte/Noroeste Fluminense estão mais baixos ( $70 \text{ ng mL}^{-1}$ ). Essa média está associada à qualidade da dieta dos doadores entrevistados.

Com base no questionário de frequência alimentar dos doadores de sangue do Hemocentro de Campos dos Goytacazes, foi sugerido um cardápio adequado para um bom aporte de selênio contendo os alimentos mais citados pelos mesmos, (Tabela 10). Os valores das porções utilizadas par cada alimento foi baseada na RDC nº 39 de 2001, da ANVISA, com base em uma dieta de 2000 Kcal diárias. O cardápio elaborado considerou o número de porções diárias necessário para cada grupo de alimento, considerando que o indivíduo tem uma dieta balanceada e faz todas as refeições. O valor ideal seria de 54,5 µg/dia.

Ainda assim esse valor calculado da ingestão diária de selênio baseado na dieta regional foi mais baixa que os teores encontrados no Teerã, e, conseqüentemente, a média de selênio no sangue dos doadores da região Norte/Noroeste Fluminense foi mais baixa ( $70 \text{ ng/g}$ ), que no sangue de indivíduos do Teerã ( $100,6 \text{ ng mL}^{-1}$ )

BUGËL (2008) avaliou o teor de sangue de 12 homens na Dinamarca. Eles foram submetidos à ingestão de 300 µg de selênio na forma de levedura enriquecida. A absorção do selênio foi de 89,9% e retenção de 74,9%. A máxima

concentração no plasma sanguíneo foi de  $9,78 \mu\text{g mL}^{-1}$  no tempo máximo de 9,2 horas, ou seja, houve uma boa absorção pelo organismo.

LYONS, et al (2003) realizaram um estudo com 17 estudantes, na Austrália e encontraram  $94 \text{ ng mL}^{-1}$  de selênio no plasma sanguíneo. Outra pesquisa realizada no município de Adelaide (Austrália), no ano de 1977, encontrou no plasma sanguíneo de trabalhadores saudáveis  $155 \text{ ng mL}^{-1}$ . Logo após em Kangaroo, em 1979 amostras de sangue total de residentes ingleses foram analisadas e a média foi de  $143 \text{ ng mL}^{-1}$ . Já em 2002, em Adelaide, amostras de sangue total de adultos foram analisadas e o nível de selênio baixou para  $125 \text{ ng mL}^{-1}$ . Esse declínio pode estar associado a mudanças na composição da dieta e /ou a teores de selênio nos alimentos. A média de ingestão de Se em Australianos ficou em torno de  $75 \mu\text{g}$  de Se/dia .

Na Espanha a ingestão de selênio encontrada por ORTUÑO (1997), foi de  $221 \mu\text{g}/\text{dia}$ , ou seja, aproximadamente 4 vezes mais alto do que os teores de selênio ideal sugerido no presente trabalho ( $54,5 \mu\text{g}/\text{dia}$ ). Contudo, os teores médios de selênio no sangue destes espanhóis,  $87 \text{ ng mL}^{-1}$ , é um pouco superior ao valor médio encontrado no sangue dos doadores do Hemocentro de Campos.

Os hábitos alimentares, conforme demonstrado por estudo feito no Japão com população sadia, influenciaram o nível de selênio no sangue, pois a ingestão diária de selênio de  $104 \mu\text{g}/\text{dia}$ , é mais alta que o valor recomendado pela (WHO/FAO, 2001); o que pode estar relacionado ao hábito de consumir peixes (ABDULAH, 2005).

Em contrapartida, com base na freqüência do inquérito alimentar dos doadores da região Norte Fluminense-RJ, a média estimada da ingestão diária de selênio foi mais baixo que o encontrado para os japoneses, que consomem mais peixes. Contudo, este teor calculado com base no cardápio desenvolvido está em conformidade com a recomendação diária de selênio ( $26 \mu\text{g}/\text{dia}$  para mulheres e  $34 \mu\text{g}/\text{dia}$ , para homens) preconizada pela FAO/WHO (2001).

Existe uma relação direta dos níveis de selênio no sangue com a ingestão diária de alimentos, porém, diversos fatores podem interferir na presença desse elemento nos alimentos e, conseqüentemente, no sangue. Os níveis de selênio no

sangue dos doadores da região Norte/Noroeste Fluminense por estar abaixo do preconizado pelas citações de diversos autores, sugerem algumas causas, como baixo teor de selênio nos alimentos regionais, baixa frequência de consumo de alimentos com bom aporte de selênio e tipo de solo da região de plantio.

Comparando-se com a ingestão diária de selênio no Japão, o baixo teor de selênio no sangue dos doadores (70ng/g) pode estar relacionado aos hábitos alimentares; com baixa ingestão de peixes, alimentos integrais, laticínios e castanha-do-Brasil. A Tabela 11 mostra uma sugestão de cardápio idealizada com base nos alimentos mais citados do inquérito alimentar dos doadores.

Algumas estratégias podem ser utilizadas para aumentar a ingestão diária de selênio, tais como: suplementação individual, fortificação dos alimentos, suplementação do gado, fertilização nas plantações e plantas criadas para acumular selênio. Evidências sugerem que a diminuição no teor de selênio nos alimentos pode estar associada à queima de combustível fóssil, chuva ácida, acidificação do solo e ao uso de fertilizantes sulfurados (LYONS, 2003).

Tabela 11 – Cardápio utilizado para estimativa da ingestão diária ideal de selênio através dos alimentos mais citados pelos doadores de sangue do Hemocentro

<b>cardápio - CAFÉ DA MANHÃ</b>			
<b>Alimentos</b>	<b>Teor de Se µg/100g</b>	<b>Porção(g ou mL)</b>	<b>Teor de Selênio/porção</b>
Manteiga	1,76	14	0,2
Café	0,43	50	0,2
Café com leite	1,36	200	2,7
Banana	0,61	100	0,6
<b>cardápio - ALMOÇO</b>			
<b>Alimentos</b>	<b>Teor de Se µg/100g</b>	<b>Porção(g ou mL)</b>	<b>Teor de Selênio/porção</b>
Arroz	3,14	125	3,9
Feijão	6,73	75	5,0
Carne bovina	7,14	80	5,7
Batata	0,33	180	0,6
Cenoura	0,31	70	0,2
Suco de laranja	0,02	200	0,0
<b>cardápio -LANCHE VESPERTINO</b>			
<b>Alimentos</b>	<b>Teor de Se µg/100g</b>	<b>Porção(g ou mL)</b>	<b>Teor de Selênio/porção</b>
Pão	3,87	50	1,9
Margarina	0,44	14	0,1
Biscoito doce	3,1	30	0,9
Queijo branco	8,7	30	2,6
Café	0,43	50	0,2
Laranja	0,05	100	0,1
<b>cardápio -JANTAR</b>			
<b>Alimentos</b>	<b>Teor de Se µg/100g</b>	<b>Porção(g ou mL)</b>	<b>Teor de Selênio/porção</b>
Arroz	3,14	125	3,9
Feijão	6,73	75	5,0
Frango	13,7	80	11,0
Alface	0,43	70	0,3
Tomate	1,45	70	1,0
Suco artificial caju	0,02	200	0,0
<b>Alimentos</b>	<b>Teor de Se µg/100g</b>	<b>Porção(g ou mL)</b>	<b>Teor de Selênio/porção</b>
Biscoito salgado	5,73	40	2,3
Maçã	0,03	100	0,0
Achocolatado	1,7	200	3,4
<b>TOTAL INGESTÃO ADEQUADA DE SELÊNIO</b>			<b>54,5</b>

De acordo com as referências citadas o teor médio de selênio dos doadores do Hemocentro de Campos dos Goytacazes não está tão diferente da média observada em outras populações. Porém, está abaixo do nível mínimo recomendado por RAYMAN (2000) de  $100 \text{ ng mL}^{-1}$  e pela NPC de  $80 \text{ ng mL}^{-1}$  para garantir a atividade máxima das selenoproteínas. Pode-se considerar que a população estudada está mais susceptível a desenvolver doenças subclínicas relacionadas à deficiência de selênio, tais como doenças cardíacas, câncer, entre outras.

Se os doadores de Hemocentro de Campos dos Goytacazes tivessem uma alimentação adequada em conformidade com o cardápio idealizado, o teor de selênio ( $54,5 \mu\text{/dia}$ ) estaria coerente com a ingestão diária recomendada WHO/FAO (2001). Contudo, dentre os doadores do Hemocentro, somente 33% estão com teor de selênio no sangue acima de  $70 \text{ ng/g}$ . (valor médio encontrado), conseguindo manter um bom funcionamento das selenoproteínas. Considerando esses dados, pode-se afirmar que 67% desta população está mais propensa a desenvolver doenças subclínicas, tais como, maior produção de radicais livres, mais chances de desenvolver doenças coronarianas, Alzheimer, certos tipos de tumores, entre outros.

## 5 – CONCLUSÃO

O selênio se encontra naturalmente nos alimentos de origem animal, frutos do mar, carnes, e cereais integrais, sendo a castanha-do-Brasil o alimento mais rico neste mineral. Focos de deficiência de Se têm sido identificados em várias regiões do mundo, incluindo a região Norte Fluminense, o que torna indispensável a inclusão de alimentos fontes de selênio na dieta dos indivíduos entrevistados. Situações de deficiência de selênio foram identificadas pela medida de concentração deste nos alimentos e no sangue podendo ser indicativo de deficiência de selênio no solo desta região.

As principais fontes alimentares de selênio na região são os peixes e carnes de boi e frango, cujos teores variaram entre 4,1 a 49,2 µg/ 100gramas. Derivados de trigo, leite, ovos, feijão e arroz também são boas fontes deste microelemento variando de 1,0 a 19,6 µg/ 100gramas. As frutas e hortaliças de modo geral, possuem de zero a menos que 1 µg/100gramas. O perfil de consumo constatado no questionário de frequência alimentar mostrou que a maior parte dos doadores consome poucos alimentos fontes de selênio. A carne de frango foi a mais citada das fontes de proteínas, assim como alguns embutidos para substituir

a carne vermelha. Laticínios e derivados também não estão incluídos nos alimentos com frequência diária. Além desses alimentos fontes de selênio, os peixes são consumidos com pouca frequência e a castanha-do-Brasil só foi citada por um doador dos duzentos entrevistados. Contudo, por uma estimativa baseada nos questionários de frequência, o teor de selênio ingerido pelos doadores seria em média de 54,5 µg de selênio/ dia. Este teor está de acordo com o preconizado pela Organização Mundial de Saúde - WHO/FAO (2001) de 26 µg de selênio/ 100gramas para mulheres e 34 µg de selênio/ 100gramas para os homens.

Os indivíduos mais jovens consomem mais alimentos industrializados que os idosos, assim como aqueles que moram em região urbana. A dieta dos menos favorecidos economicamente é composta por farináceos, cereais e leguminosas, com baixa frequência de alimentos de origem animal. Alguns doadores que residem próximo às margens do rio Paraíba do Sul, pescadores por profissão ou diversão, consomem peixes com maior frequência.

A suplementação de selênio no solo e em ração animal pode ser uma alternativa para se atingir níveis de selênio mais adequados para manutenção da saúde, porém, há uma margem muito estreita entre os níveis de exigência e toxidez.

O teor médio de selênio no sangue dos doadores do Hemocentro variou entre  $70 \pm 23 \text{ ng mL}^{-1}$  a  $74 \pm 22 \text{ ng mL}^{-1}$  no sexo feminino e masculino, respectivamente, com média de  $70 \text{ ng. mL}^{-1}$ . Porém, 33% dos doadores apenas estão com teor de selênio no sangue acima da média encontrada. Este valor médio encontrado nos doadores da Região Norte Fluminense - RJ foi inferior aos teores encontrados em diversos países.

Além disso, 65,5% estavam com teores de selênio no sangue abaixo de  $80 \text{ ng.mL}^{-1}$ , nível mínimo necessário para máxima produção das selenoproteínas preconizado pelo Nutritional Cancer Prevention.(NPC). Este grupo populacional está ingerindo poucos alimentos fontes de selênio ou os estão ingerindo em quantidade insuficiente. Sazonalidade, preço e facilidade para o preparo são fatores que sabidamente influenciam o consumo dos alimentos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULAH, R; MIYAZAKI, K.; NAKAZAWA, M; KOYAMA, H. (2005) Low contribution of rice and vegetables to the daily intake of selenium in Japan. *international Journal of Food Sciences and Nutrition*; 56 (7),p.:463-471.
- AKESSON, B , DAUN, C. (2004) Comparison of glutathione peroxidase activity, and of total and soluble selenium content in two muscles from chicken, turkey, duck, ostrich and lamb. *Food Chemistry*, 85, p. 295–303.
- ALEIXO, P.C e NÓBREGA J A.(2000) Determinação direta de selênio em água de coco e em leite de coco utilizando espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite *QUÍMICA NOVA*, 23(3).
- AL-SALEH, BILLEDO, G. (2006) Determination of selenium concentration in serum and toenail as an indicator of selenium status. *Environ.Contam.Toxicol* , 77, p.155-163.
- AUGUSTO,O (2006) Radicais Livres: bons, maus e naturais. São Paulo:Ed: Oficina do Texto,115p.

- BARAN E. J. (2005) Suplementação de elementos-traços. *CADERNOS TEMÁTICOS DE QUÍMICA NOVA NA ESCOLA* N° 6
- BECKER G.J, ARTHUR J.R. (2005) Selenium and endocrine systems. *J Endocrinol* 184: 455–465.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAUDE. VIGILÂNCIA SANITÁRIA.- ANVISA.RDCN°39-2001.Disponível em :<http://www.anvisa.gov.br/legistacaoalim>.
- BUGEL,S,LARSEN,E.H.,SLOTH,J.J.,FLYTLIE,K.,OVERVAD,K,STEENBERG,L.C.,MOESGAARD,S. (2008) Absorption, excretion and retention of selenium from a high selenium yeast in men with a high intake of selenium. *Food and Nutrition research*.
- CAUWENBERGH, R. V.; ROBBERECHTA, H.; VLASLAERB, V. V.;DE SMET, A.; EMONDSC, M. P.; HERMANSA, N. (2007) Plasma selenium levels in healthy blood bank donors in the central-eastern part of Belgium. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. In press.
- CHABROULLET C (2007) Etude de la remobilisation d'elements traces a partir d'un sol de surface contamine: influence du vieillissement des composés organiques du sol sur la remobilisation du selenium. Thesis of the University of Grenoble p. 234 Grenoble.
- CHANG, L.W. e DYER, R.S. (1995) in: *Handbook of Neurotoxicology*, New York, p.143-170.
- CHAUDIEÁRE J.; FERRARI-ILIOU, R. (1999) Intracellular Antioxidants: from Chemical to Biochemical Mechanisms *Food and Chemical Toxicology*; 37, p. 949-962.
- CLACK, N.A. et al. (2007) Trace elements levels in adults from the west coast of Canadá and associations with age, gendre, diet, activities and levels of other trace elements. *Chemosphere*, 70, p. 155-164.
- COOPER, W.C. e GLOVER, J.R. (1974) The toxicology of selenium and its compounds. III. In: Zingaro, R.A. e Cooper, W.C., Ed.: *Selenium*, New York, Van Nostrand Reinhold Co., p. 654-674.
- CORNELLI, U (2009) Antioxidants in Nutraceuticals. *Clinics in Dermatology*. V.27, p. 175-194.

- COSTA, N. M. B., COSTA, M. C. G. P (2008) *Nutrição básica e metabolismo*. Viçosa-MG: Ed. UFV, 400 p.
- DAY, B J. Catalase and glutathione peroxidase mimics. *Biochemical Pharmacology* , v.77, p. 285 – 296.
- DIAZ-FLORES, J.F., SANUDO, R.I., RODRIGUEZ, E.M., ROMERO, C.D. (2004) Serum concentrations of macro and trace elements in heroin addicts of the Canary Islands.; *J Traces Elem Med Biol*, 17, p. 235-42.
- DRISCOLL, D.M.; COPELAND, P.R (2003) Mechanism and regulation of selenoprotein synthesis. *Annual Review of Nutrition*, v.23, p.17-40.
- DWORKIN, B.R., JANKOWSKIRRH, W.S.; GORDONW. G.G., HALDE, A.D. (1985) Low Blood Selenium in Alcoholics with and without advanced liver disease. *Digestive Diseases and Sciences*, v.30, n°9, p.838-844.
- ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA - EHC (1987). *Selenium*. World Health Organization, Geneva.
- FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, A; CHARLET, L (2009) Selenium environmental cycling and bioavailability: a structural chemist point of view *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*.
- FERREIRA, K. S.; GOMES, J. C.; BELLATO, C. R.; JORDÃO, C. P. (2002) Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. *Rev. Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, 11(3), 172-177p.
- FINLEY, J.W., PENLAND, J.G.(1998) Adequacy or deprivation of selenium in healthy men: Clinical and psychological findings. *J. Trace Elem. Experim. Med.*, 11, p.:11-27.
- FORDYCE, F.M.; JOHNSON, B.U.C.C.; NAVARATNAC, U. R. B.; APPLETON, J. D.; DISSANAYAKEC, C. B. (2000) Selenium and iodine in soil, rice and drinking water in relation to endemic goitre in Sri Lanka. *The Science of the Total Environment*, v.263, 127-141p.
- FOSTER L. H.: e SUM , (1995) Methods of analysis used for the determination of Selenium in milk and infant formulae: a review. *Food Chemistry* , 53, p.453-466.

- FREITAS,S.C.,GONÇALVES,E.B.,ANTONIASSI,R.,FELBERG,I,OLIVEIRA,S .P.(2008) Meta-análise do teor de selênio em castanhas-do-brasil. *Braz.J.Food Technol.*,v.11,n.1,p.54-62.
- .GAMBHIR, J.K; ' LALI, P.(1996) Blood selenium levels of Indians: Delhi area.*Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 11 (2) , p.148-151.
- GHISLENI,G.C.(2006) *Alterações comportamentais e neuroquímicas causadas por compostos orgânicos de selênio*. Tese doutorado em Bioquímica Toxicológica. Santa Maria, 124p.
- GIERUS, M. (2007) Fontes orgânicas e inorgânicas de selênio na nutrição de vacas leiteiras: digestão, absorção, metabolismo e exigências. *Ciência Rural*, v.37, n.4, 1212-1220p.
- HALLIWELL, B., GUTTERIDGE, J.M.C (1990) Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods Enzymol* v.186: 1-85p.
- HARBOE-GONÇALVES, L., VAZ, L. S., BUZZI, M. (2007) Avaliação dos níveis de hiper-homocisteinemia, vitamina E, selênio, cobre, ceruloplasmina e ferritina em pacientes com diagnóstico de acidente vascular cerebral isquêmico. *J Bras Patol Med Lab* , v. 43 , n. 1, p. 9-15 .
- HELZLSOUER, K.J, HUANG, H.Y, ALBERG, A.J., HOFFMAN, S., BURKE, A., NORKUS, E. P., MORRIS, J. S, COMSTOCK, G. W. (2000) Association Between  $\alpha$ -Tocopherol,  $\gamma$ -Tocopherol, Selenium and Subsequent Prostate Cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, Vol. 92, Nº. 24.
- KABATA-PENDIAS, A (1998) Geochemistry of selenium. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, v.17, 173-177p.
- HOUAISS,A. (2009) Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, Ed.Objetiva,1986p.
- KARDINOOL, A.F.M; KOK, F.J.; KOHLMEIER, L (1997). Association between toenail selenium and risk of myocardial infarction in European men: the EURAMIC Study.*Am J Epidemiol*; 145, p.373-79.
- KOHRLE, J., JAKOB, F; CONTEMPRE, B e DUMONT, J. E. (2005) Selenium, the Thyroid, and the Endocrine System *Endocr. Rev.*, December 1, 26(7) p. 944 - 984.

- KRASSAS, G.E, KAHALY, G.J. The role of octreoscan in thyroid eye disease. *European Journal of Endocrinology*, Vol 140, Issue 5, p:373-375.
- LEMIRE, M.; MERGLER, D; FILLION, M; PASSOS, C.J.´S; GUIMARÃES, D.J.R; DAVIDSON, R; LUCOTTE, M (2006) Elevated blood selenium levels in the Brazilian Amazon. *Science of the Total Environment* ,366, p:101– 111.
- LEVANDER, O.A., BURK, R.F(1997) *Selênio*. In: ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD/ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. *Conocimientos actuales sobre nutrición*. 7 Ed. Washington, D.C.: ILSI Press, Cap 31, p.342-351 (Publicacion Científica, 565).
- LOOK, M.P; ROCKSTROH, J.K; RAO, G.S; KREUZER, K.A; SPENGLER, U.; SAUERBRUCH, T.(1997) Serum selenium versus lymphocyte subsets and markers of disease progression and inflammatory response in human immunodeficiency virus infection. *Biol Trace Elem Res*; v.56, p.31- 41.
- LUTY-FRANCKIEWICZ, A.; JETHON, Z., JANUSZEWSKA, L. (2002) Effect of smoking and alcohol consumption on the serum selenium level of Lower Silesian population. *Sci Total Environ*, p.285-89, p:89-95.
- LYON, G.; STANGOULIS, J.; GRAHAM, R. (2003) High-selenium wheat: biofortification for better health.*Nutrition Research Reviews*, 16, p:45-60
- MOGHADASZADEH, B.; BEGGS, A. H. (2006) Selenoproteins and Their Impact on Human Health Through Diverse Physiological Pathways: *PHYSIOLOGY*, 21, p:307–315.
- NEVE. J.; HANOQ. M.; MOLK, L. e LEFEBURE, G. (1982).Study of some systematic errors during the determination of the total selenium and some of its ionic species in biological materials. *Analyst*. 107, p.934 - 41.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - (1998) *Elementos traço na nutrição e saúde humanas*. São Paulo,Ed. Roca: 297p.
- ORTUÑO,J (1997). Importancia nutricional del selênio. *Arch.Latinoam.Nutr*. 47(1):p:6-13.
- PALMER, I. S.; HERR, A. N. (1982.) *Journal Food Science*.Chicago. Institut of Food Techonologists. v. 47, p:1595-1597.

- .PAINTER, E. P. (2008) The Chemistry and Toxicity of Selenium Compounds with Special Reference to the Selenium Problem. *Chem. Rev.*, (1941), 28 (2), p:179-213 *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids* (2000) accessed via [www.nap.edu](http://www.nap.edu).
- QUEIROZ, V.A.V.; FERREIRA, K. S.; MONNERAT, P. H.; QUEIROZ, L. R.; DOLINSKI, C. (2006) Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and Se contents in fruits consumed in Brazil. *Nutrire*, v. 30, n°6, p: 61-73.
- RAYMAN, M. P. (2000) *The importance of selenium to human health*. *Lancet* 356, p:233-41.
- RAYMAN, M.P (1997). Dietary selenium: time to act. *BMJ* ; **314**, p:387–388.
- REZANKA, T, SIGLER, K (2008) Biologically active compounds of semi-metals. *Phytochemistry*, 69, p. 585–606
- SAFARALIZADEH, R.; KARDAR, G.A.; POURPAK, Z.; MOIN, M; ZAIRE, A.; TEIMOURIAN, S. (2005) Serum concentration of Selenium in healthy individuals living in Tehran, *Nutrition Journal*, v.4:32.
- SEIXAS, T.G et al.(2008) Total mercury, organic mercury and selenium in liver and kidney of a South American coastal dolphin. *Environmental Pollution, Volume 154, Issue 1*, p: 98-106.
- SHILO, S.; PARDO, M.; AHARONI-SIMON, M.; GLIBTER, S.; TIROSH, O. (2007) Selenium supplementation increases liver MnSOD expression: Molecular mechanism for hepato-protection. *Journal of Inorganic Biochemistry*, in press.
- SKOOG, D.A.; LEARY, J.J. (1998) Principles of instrumental analysis. 5 ed. New York Saunders College
- SOUZA, M.L.; MENEZES, H.C. (2004) Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 24(1): 120-128p.
- SOUTHGATE, D. A.T. (1992) Trace elements: databases and food composition compilations. *Food Chemistry*, v. 43, p: 289-293.

- STRUNZ, C.C. et al. (2008) Brazil nut ingestion increased plasma selenium but had minimal effects on lipids, apolipoproteins, and high-density lipoprotein function in human subjects *Nutrition Research* , 28, p: 151-155 .
- SUNDE, R.A. Selenium. Em: O´DELL B.I.; SUNDE, R.A. (1997) *Handbook of nutritionally essential mineral elements* .New York: Marcel Dekker Inc.:493-556p.
- THOMSON, C.D. e ROBINSON, M.F. (1986) Urinary and faecal excretions and absorption of a large supplement of selenium as selenite or as selenate. *Am. J. clin. Nutr.*, p:56-61.
- WHO/FAO - World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations (2003): Joint WHO/FAO Expert Consultation on Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases, Geneva, Switzerland). *WHO technical report*, series: 916
- WHO/FAO – World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations (2001) *Human vitamin and mineral requirements*. Food and Nutrition Division - FAO Rome, 286p.
- UNICEF - FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA. (1998) *Situação Mundial da Infância*. Brasília, DF: 132p.
- VOGEL, A.R.; MENDHAM, J.; DENNEY, R.C.; BARNES, J.D.; THOMAS, M. (2002) *Análise Química Quantitativa*, 6ª edição, Editora LTC, 462p.
- ZENG, B.H. e COMBS, G.F. (2008) Selenium as an anticancer nutrient: roles in cell proliferation and tumor cell invasion. *Journal of Nutritional Biochemistry* 19, p.1 –7

## APÊNDICE 1

### QUESTIONÁRIO ALIMENTAR E NUTRICIONAL

CONSUMO DE ALIMENTOS	1 X/dia	2 ou mais X/dia	1 X/semana	1 – 3X/mês	Raramente	Nunca
<b>Leite e derivados</b>						
Leite integral						
Leite desnatado ou semidesnatado						
Iogurte						
Queijo branco						
Queijo amarelo						
Requeijão						
Creme de leite						
<b>Carnes e ovos</b>						
Ovo frito						
Ovo cozido						
Carne de boi						
Carne de porco						
Frango						
Peixe fresco						
Peixe enlatado (sardinha, atum etc)						
Embutidos (salsicha, lingüiça, salame, presunto, mortadela)						
Carne conservada no sal (bacalhau, carne seca/sol, pertences de feijoadada)						
Vísceras (fígado, rim, coração)						
<b>Óleos</b>						
Azeite						
Molho para salada						
Bacon ou toucinho						
Manteiga						
Margarina						
Maionese salada						
Maionese pote ou sache, caseira ou industrializada						
<b>Petiscos e enlatados</b>						
Snacks (batata-frita, fandangos etc)						
Sanduíches, pizzas, e salgados						
Amendoim						
Enlatados (milho, ervilha, palmito e azeitona)						

<b>CONSUMO DE ALIMENTOS</b>	<b>1 X/dia</b>	<b>2 ou mais X/dia</b>	<b>1 X/semana</b>	<b>1 – 3X/mês</b>	<b>Raramente</b>	<b>Nunca</b>
<b>Cereais e leguminosas</b>						
Arroz integral						
Arroz polido						
Pão integral						
Pão francês/forma						
Biscoito salgado						
Biscoito doce						
Bolo						
Macarrão						
Miojo						
Feijão						
Farinha de mandioca						
Angu, polenta, fubá						
<b>Hortaliças/Frutas</b>						
Legumes/hortaliças cruas						
--						
Legume/hortaliça cozido						
--						
-						
Frutas						
-						
--						
<b>Doces e sobremesas</b>						
Sorvete						
Tortas						
Geléias						
Doces e balas						
Chocolates, achocolatados e bombom						
<b>Bebidas</b>						
Café com açúcar						
Café sem açúcar						
Suco natural com açúcar						
Suco natural sem açúcar						
Suco artificial com açúcar						
Suco artificial sem açúcar						
Refrigerante normal						
Cerveja						

<b>CONSUMO DE ALIMENTOS</b>	<b>1 X/dia</b>	<b>2 ou mais X/dia</b>	<b>1 X/ semana</b>	<b>1 – 3X/ mês</b>	<b>Raramente</b>	<b>nunca</b>
<b>Diet e Light</b>						
Margarina						
Adoçante						
Requeijão/iogurte						
Refrigerante						
Gelatina						

## **APÊNDICE 2**

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), para maiores de 18 anos de idade**

Esta pesquisa tem o objetivo de determinar os teores de selênio no sangue de doadores de sangue do Norte/Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, bem como aspectos do consumo alimentar. Para tanto, serão necessários os seguintes dados dos doadores de sangue:

- 1) informações quanto ao consumo de alimentos, respondendo ao questionário anexo;
- 2) permissão de que 10 ml do sangue doado sejam utilizados para a análise do teor de selênio no mesmo;
- 3) tomadas medidas de peso, estatura e declaração da data de nascimento;

Os pesquisadores garantem que:

- 1) o presente estudo não trará nenhum risco para minha integridade física ou moral;
- 2) serão dadas informações, diretamente com os pesquisadores responsáveis, sobre o conjunto de procedimentos adotados durante a pesquisa, sempre que os interessados perguntarem;
- 3) não haverá qualquer gasto relacionado à pesquisa;
- 4) há liberdade de não colaborar ou desistir a qualquer momento, durante a realização da pesquisa;
- 5) as informações obtidas são de caráter confidencial, sendo que estas poderão ser divulgadas em congressos científicos e publicadas em revistas especializadas, sem a identificação/divulgação do nome dos participantes;

Se você concorda em participar desta pesquisa, leia o texto abaixo e questionário e assine o termo de consentimento.

Prof<sup>a</sup> Karla Ferreira da Silva  
**Coordenadora da Pesquisa**  
Tel: (22) 2726-1496  
Cel: (22) 8128-5144  
e-mail: karlasf@uenf.br  
UENF – Campos dos Goytacazes

### **TERMO DE CONSENTIMENTO**

Eu, abaixo assinado, fui esclarecido sobre os objetivos da pesquisa e declaro que entendi e não tenho qualquer dúvida a respeito das informações que tenho que fornecer e concordo em participar da mesma.

Local \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008

Assinatura

RG

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_

—

### APÊNDICE 3

Quadro 2 - plano de amostragem dos principais grupos de alimentos a serem avaliados quanto ao teor de selênio

Grupos de Alimentos	Plano de Amostragem	Amostra para análise
Carne bovina ( filé, contra-filé,alcatra, fígado)	1Kg	2 gramas
Carne de frango(coxa, peito, fígado)	1Kg	2 gramas
Embutidos(lingüiça,bacon,presunto)	1Kg	2gramas
Peixe (caçãõ, dourado, anchova)	3 postas	2 gramas
Peixe( traíra, tilápia, sairu)	3 postas	2 gramas
Peixe enlatado(sardinha, atum)	3 latas	2gramas
Camarão vermelho	1Kg	2 gramas
Ovo de galinha	6 ovos	2 gramas
Leite integral	2 caixas	10 gramas
Leite desnatado	2 caixas	10 gramas
Requeijão	2 copos de 200ml	2 gramas
Queijo Minas frescal	2 unidades de 250g	2 gramas
Margarina	2 unidades de 250g	2gramas
Manteiga	2 unidades de 250g	3 gramas
Pães (integral e refinado)	3 fatias	3 gramas
Frutas*	3 unidades	5gramas
Verduras*	2 maços	5gramas
Legumes*	3 unidades	5 gramas
Farinha de mandioca	1Kg	2 gramas
Arroz polido	1Kg	2 gramas
Feijão-preto	1Kg	2 gramas
Macarrão	1 Kg	2 gramas
Biscoitos doces e salgados	200g	2 gramas
Achocolatado	400g	10 gramas
Café (c/ e s/ açúcar)	1litro	10 gramas
Suco natural e artificial	1 litro	10 gramas
Refrigerante	1 litro	10 gramas
<i>Cerveja e vinho</i>	1 litro	10 gramas

\*serão escolhidos os mais consumidos da região Norte Fluminense

#### APÊNDICE 4

Transformação de unidades originais utilizadas pelos autores para ng/mL

Autor	Unidade original	Unidade usada para comparação
Al-saleh	$\mu\text{g/L}$	ng/mL
Abdulah	$\mu\text{g/L}$	ng/mL
Bugel	$\mu\text{g/L}$	ng/mL
Clack	$\mu\text{g/L}$	ng/mL
Dworkin	$\mu\text{g/mL}$	ng/mL
Lemire	$\mu\text{g/mL}$	ng/mL
Safaralizadeh	$\mu\text{g/L}$	ng/mL