

PUBLICAÇÃO CDTN-833/96

**PERFIL MINERAL E RESPECTIVO
VALOR NUTRITIVO EM POTENCIAL DO
PÃO FORTE/FSDT E DO PÃO FRANCÊS**

**Marta Maria Avelar
1996**

MARTA MARIA AVELAR

**PERFIL MINERAL E RESPECTIVO VALOR NUTRITIVO EM
POTENCIAL DO *PÃO FORTE/FSDT* E DO PÃO FRANCÊS**

**Belo Horizonte
Faculdade de Farmácia da UFMG
1996**

MARTA MARIA AVELAR

**PERFIL MINERAL E RESPECTIVO VALOR NUTRITIVO EM
POTENCIAL DO *PÃO FORTE/FSDT* E DO *PÃO FRANCÊS***

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

**Belo Horizonte
Faculdade de Farmácia da UFMG
1996**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE FARMÁCIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

PERFIL MINERAL E RESPECTIVO VALOR NUTRITIVO EM POTENCIAL DO
PÃO FORTE/FSDT E DO PÃO FRANCÊS

APROVADA EM 05 DE JULHO DE 1996

COMISSÃO EXAMINADORA

Maria José de Sousa Ferreira da Silva
Profa. Dra. MARIA JOSÉ DE SOUSA FERREIRA DA SILVA

Cláudia de Vilhena Schayer Sabino
Ms. CLÁUDIA DE VILHENA SCHAYER SABINO

Elias Mansur Netto
Prof. Dr. ELIAS MANSUR NETTO

Lieselotte Jokl
Profa. Dra. LIESELOTTE JOKL
Orientadora

Dedico este trabalho aos "Mestres em Sabedoria" da minha vida:

meu filho Flávio Magno Avelar Yankous

minha tia Ana Elpidia de Faria (in memoriam)

minha amiga Maria Aparecida Mattos de Paiva

“É preciso primeiro resolver a questão da fome para que a história da liberdade comece” (Guehenno).

“É preciso primeiro resolver a questão da fome para que a história da liberdade comece” (Guehenno).

Trabalho realizado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CDTN/CNEN, como tarefa do programa de atividades da Supervisão de Química e Mineralogia da Coordenação de Apoio Técnico-Científico, junto ao Departamento de Alimentos da Faculdade de Farmácia da UFMG.

Contou também com o apoio financeiro da Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (bolsa durante um semestre) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG (recursos para a participação no IX Encontro Nacional de Analistas de Alimentos - IX ENAAL).

AGRADECIMENTOS

O mestrado foi uma aspiração que me acompanhou ao longo de minha carreira profissional. Hoje, vejo este ideal realizado. Esta realidade só se concretizará e será plena, se compartilhada com aqueles que dela são parte integrante. Quero registrar não um agradecimento formal, mas sim a expressão mais profunda do meu sentimento de gratidão às pessoas que caminharam comigo, no sentido de alcançar este ideal.

Ao superintendente do CDTN/CNEN, Fernando Soares Lameiras, pelo apoio, incentivo e a oportunidade do desenvolvimento deste trabalho inserido na programação das atividades do Centro.

À professora Lieselotte Jokl, pela orientação e especial atenção dedicada durante todo o transcorrer do curso e dos trabalhos.

Ao professor Munir Chamone, pela aquiescência em fornecer o produto por ele elaborado para o presente estudo.

À diretora da creche Centro Infantil Mundo Maior, Sônia Fátima da Silva Souza, pela especial atenção nas coletas das amostras.

À professora Moema Gonçalves de Alvarenga, que, com seu exemplo e dignidade, marcou a minha carreira profissional. Quero agradecê-la pelos ensinamentos de seus conhecimentos não apenas nesta atividade, mas em todas aquelas que construíram a minha experiência profissional.

Ao professor Zildete Rocha, pela definição do modelo estatístico usado no tratamento dos dados analíticos.

À professora Cláudia de Vilhena Schayer Sabino, colega e amiga, pelo interesse e dedicação nas discussões técnicas, cálculos e verificações, que tiveram peso decisivo na interpretação dos resultados.

Aos chefes da Coordenação de Apoio Técnico-Científico, Márcio Fernando R. de Resende (1994), Solange Vaz Coelho (1995) e João Mário Andrade Pinto (1996), que priorizaram esta tarefa em suas gerências.

Aos chefes da Supervisão de Química e Mineralogia, Roberto Pellacani Guedes

Monteiro (titular) e Helena Eugênia Leonhardt Palmieri (substituto), pelo total apoio e especial atenção à execução deste trabalho.

Às equipes de Serviço de Documentação Técnica das Faculdades de Farmácia, de Medicina e de Odontologia e da Escola de Veterinária da UFMG e do CDTN/CNEN. Em especial, à Lenira Lúcia S. P. Ferreira, pela dedicação e presteza no levantamento bibliográfico e na normalização das referências.

Aos colegas do Laboratório de Espectrofotometria de Absorção Atômica: Abigail da Conceição S. Pereira, Adilson de Castro de Assis, João Bosco Guedes e Milton Batista Franco, pelo interesse e dedicação na parte experimental do trabalho. Em especial, o meu sincero agradecimento ao colega e amigo Milton Batista Franco, que se empenhou nos trabalhos analíticos, sobretudo na definição da dissolução da amostra.

Ao Laboratório de Espectrometria de Fluorescência de Raios X, na pessoa do colega e amigo Jésus Carneiro Magalhães, pela valiosa colaboração na metodologia de análise por esta técnica.

À Supervisão de Reator e Radionálise, aqui representada pelo Dovenir Francisco, que se empenhou, com extrema dedicação, no preparo das amostras, Angela Maria Amaral e Geraldo Frederico Kastner, pelo interesse e execução dos testes preliminares de análise.

À equipe de editoração: Antônio Romualdo Cordeiro, Élcio Tadeu Palmieri, Getúlio de Azeredo Ramos Júnior, Jane Maria Arthur Souza, Jomar de Maia Ribeiro, Luiz Ricardo Vieira e Orestes Rodrigues Vilefort que, sem a inestimável colaboração, este trabalho não estaria apresentado. Com carinho e especial atenção, quero agradecer ao Jomar que, através de sua solidariedade e profissionalismo, se dedicou, nos mínimos detalhes, à correção, revisão e editoração do texto.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Análise Química Convencional: Geraldo Vieira de Andrade, Maria Olívia Cintra e Oliene dos Reis Fagundes, companheiros de todos os momentos, de quem recebo apoio e estímulo, ajuda indispensável, não só nos trabalhos analíticos, mas no convívio diário, dividindo comigo alegrias e desalentos.

Aos professores e colegas do Curso de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos e ao pessoal que integra a infra-estrutura administrativa, com quem muito aprendi, não apenas na convivência de classe, mas sobretudo nas experiências vivenciadas no dia-a-dia.

À professora Lúcia de Fátima Ramos, pela paciente tarefa de revisão e correção do

texto.

À minha família, que soube compreender com carinho as minhas ausências e que me proporcionou toda a condição para que eu me dedicasse a este trabalho. Quero ressaltar, de forma especial, a ajuda da Tereza, que me supriu, com seu desvelo, dando o melhor de si. Quero reverenciar ainda a meus pais, que me transmitiram seus ensinamentos e exemplo, nos quais conquistas como esta se fazem com muito esforço, dedicação, renúncia e amor.

A Deus, que me cobre com sua graça, a cada instante de minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	14
RESUMO.....	15
ABSTRACT	16
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1 Desnutrição infantil.....	23
2.2 Fortificação dos alimentos.....	26
2.3 O <i>Pão Forte</i>	28
2.4 Constituintes do <i>Pão Forte/FSDT</i>	30
2.4.1 Açúcar	30
2.4.2 Arroz.....	31
2.4.3 Amendoim.....	31
2.4.4 Farinha de trigo	32
2.4.5 Fubá	32
2.4.6 Farinha de soja desengordurada e tostada.....	33
2.4.7 Óleo de soja	34
2.4.8 Fermento biológico.....	35
2.4.9 Sal	35
2.4.10 Água	35
2.4.11 Vitamina A.....	36
2.4.12 Vitamina B12	36
2.4.13 Sulfato ferroso	37
2.5 O <i>Pão Francês</i>	37
2.6 Elementos minerais.....	38
2.6.1 Considerações gerais.....	38
2.6.2 Macronutrientes.....	38
2.6.2.1 Cálcio	39
2.6.2.2 Fósforo	40
2.6.2.3 Magnésio.....	41
2.6.2.4 Sódio	42
2.6.2.5 Potássio.....	43
2.6.3 Micronutrientes.....	44

2.6.3.1 Ferro.....	45
2.6.3.2 Cobre.....	47
2.6.3.3 Manganês.....	48
2.6.3.4 Zinco.....	49
2.6.3.5 Silício.....	51
2.6.4 Elementos não essenciais.....	52
2.6.4.1 Alumínio.....	53
2.6.4.2 Rubídio	54
2.7 Métodos analíticos	54
2.7.1 Espectrometria de fluorescência de raios X.....	55
2.7.2 Espectrofotometria de absorção atômica	55
2.7.3 Fotometria de chama.....	57
2.7.4 Espectrofotometria de absorção molecular	57
2.7.5 Gravimetria.....	57
3 MATERIAL E MÉTODOS	59
3.1 Material.....	60
3.1.1 <i>Pão Forte/FSDT</i>	60
3.1.1.1 Preparo do <i>Pão Forte/FSDT</i>	60
3.1.1.2 Preparo da amostra para análise	61
3.1.2 <i>Pão Francês</i>	62
3.1.3 Outros.....	62
3.2 Métodos.....	63
3.2.1 Seleção das técnicas analíticas	63
3.2.2 Precauções analíticas	64
3.2.3 Dissolução das amostras	64
3.2.4 Espectrometria de fluorescência de raios X.....	65
3.2.4.1 Aparelhagem	65
3.2.4.2 Material e reagentes.....	65
3.2.4.3 Procedimento	65
3.2.4.4 Cálculos.....	66
3.2.5 Espectrofotometria de absorção atômica	67
3.2.5.1 Aparelhagem	67
3.2.5.2 Material, reagentes e soluções	67
3.2.5.3 Procedimento	67
3.2.5.4 Cálculos.....	69
3.2.6 Fotometria de chama.....	69
3.2.6.1 Aparelhagem	69
3.2.6.2 Material, reagentes e soluções	69
3.2.6.3 Procedimento	70

3.2.6.4 Cálculos.....	71
3.2.7 Espectrofotometria no visível	71
3.2.7.1 Aparelhagem	71
3.2.7.2 Material, reagentes e soluções	71
3.2.7.3 Procedimento	72
3.2.7.4 Cálculos.....	74
3.2.8 Gravimetria.....	74
3.2.8.1 Aparelhagem	74
3.2.8.2 Material, reagentes e soluções	74
3.2.8.3 Procedimento	75
3.2.8.4 Cálculos.....	75
3.3 Análise estatística	76
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.1 Considerações gerais.....	78
4.2 Perfil mineral do <i>Pão Forte/FSDT</i>	78
4.3 Perfil mineral do Pão Francês	85
4.4 Comparação entre os perfis minerais do <i>Pão Forte/FSDT</i> e do Pão Francês	90
4.5 Valor nutritivo em potencial.....	92
4.5.1 Valor nutritivo em potencial do <i>Pão Forte/FSDT</i>	92
4.5.2 Valor nutritivo em potencial do Pão Francês.....	94
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	96
5.1 Conclusões.....	97
5.2 Sugestões.....	98
6 ANEXOS.....	99
6.1 Anexo A - Situação da desnutrição infantil no Brasil.....	100
6.2 Anexo B - Macronutrientes.....	103
6.3 Anexo C - Micronutrientes	105
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

LISTA DE TABELAS

1	Composição química dos produtos derivados de soja.....	34
2	Elementos na nutrição humana.....	39
3	Elementos traços e datas de identificação como essenciais.....	44
4	Teores de fitato e zinco de alguns alimentos.....	50
5	Formulação do <i>Pão Forte/FSDT</i>	60
6	Formulação do <i>Pão Francês</i>	62
7	Técnicas analíticas, elementos analisados e tipos de preparo utilizados, respectivamente.....	63
8	Condições operacionais da análise por espectrometria de fluorescência de raios X.....	66
9	Condições estabelecidas para determinação de Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Al e Rb por espectrofotometria de absorção atômica.....	68
10	Teores médios de cálcio, fósforo e potássio em cada amostra do <i>Pão Forte/FSDT</i>	79
11	Teores médios de sódio, magnésio e ferro em cada amostra do <i>Pão Forte/FSDT</i>	79
12	Teores médios de zinco, manganês e cobre em cada amostra do <i>Pão Forte/FSDT</i>	80
13	Teores médios de silício, alumínio e rubídio em cada amostra do <i>Pão Forte/FSDT</i>	80
14	Composição em elementos minerais estabelecida para o <i>Pão Forte/FSDT</i> e análise de variância para as respectivas técnicas analíticas.....	81
15	Teores de Ca, P, Fe, Na, K, Mg, Cu e Zn listados em tabelas de composição de alimentos em alguns ingredientes do <i>Pão Forte/FSDT</i>	82
16	Estimativa dos teores de elementos minerais presentes em 100 g de massa ou de <i>Pão Forte/FSDT</i>	83
17	Comparação entre os resultados obtidos pelas técnicas específicas e os calculados da literatura a partir dos ingredientes para o <i>Pão Forte/FSDT</i>	84
18	Teores médios de cálcio, fósforo e potássio em cada amostra do <i>Pão Francês</i>	86
19	Teores médios de sódio, magnésio e ferro em cada amostra do <i>Pão Francês</i>	86
20	Teores médios de zinco, manganês e cobre em cada amostra do <i>Pão Francês</i>	87
21	Teores médios de silício, alumínio e rubídio em cada amostra do <i>Pão Francês</i>	87
22	Composição em elementos minerais estabelecida para o <i>Pão Francês</i> e análise de variância para as respectivas técnicas analíticas.....	88

23	Comparação entre os resultados obtidos por meio das técnicas específicas para o Pão Francês e os da literatura.....	89
24	Comparação entre os perfis minerais dos dois alimentos e as respectivas análises de variância	90
25	Comparação entre os perfis minerais dos dois alimentos e os valores recomendados para crianças entre 2 e 6 anos.....	93
26	Prevalência percentual de retardo de crescimento na infância em diferentes estados brasileiros (1989).....	100
27	Prevalência percentual de desnutrição entre crianças menores de 5 anos, segundo faixa etária - Brasil 1989.....	101
28	Desnutrição em crianças de 0 - 5 anos por região - Brasil 1989.....	101
29	Prevalência percentual de desnutrição em crianças menores de 5 anos, por região e situação - Brasil 1989	102
30	Composição de macronutrientes do corpo de um adulto.....	103
31	DDR de macronutrientes para lactentes, crianças, adolescentes e adultos.....	104
32	DDR de micronutrientes para lactentes, crianças, adolescentes e adultos.....	105
33	Requisitos dietários, principais sintomas de deficiência e funções bioquímicas dos elementos traços para o homem.....	106

LISTA DE FIGURAS

1	Teores de macronutrientes no <i>Pão Forte/FSDT</i> e no Pão Francês.....	91
2	Teores de elementos traços (essenciais e contaminantes) no <i>Pão Forte/FSDT</i> e no Pão Francês.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ATP - Trifosfato de adenosina
- CDTN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
- CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear
- DDR - Dose diária recomendada
- DNA - Ácido desoxiribonucléico
- EAA - Espectrofotometria de absorção atômica
- ERX - Espectrometria de fluorescência de raios X
- EVIS - Espectrofotometria no visível
- FC - Fotometria de chama
- FSDT - Farinha de soja desengordurada e tostada
- GRAV - Gravimetria
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INAN - Instituto Nacional de Alimentação e Nutrição
- PNSN - Pesquisa Nacional sobre Saúde e Nutrição
- RNA - Ácido ribonucléico

RESUMO

Dada a importância que os elementos minerais exercem na nutrição e na saúde e a escassez de informações na literatura sobre seus teores nos alimentos, avaliou-se o perfil mineral e o respectivo valor nutritivo em potencial do *Pão Forte/FSDT*. Também foi analisado o Pão Francês para efeito de comparação. O *Pão Forte/FSDT* é um alimento formulado, destinado especialmente a crianças subnutridas em idade pré-escolar, contendo açúcar, quirera de arroz, amendoim, farinha de trigo, farinha de soja desengordurada e tostada (FSDT), fubá, óleo de soja, sal, fermento biológico, sulfato ferroso, vitaminas A e B12 e água. Empregando-se espectrometria de fluorescência de raios X, espectrofotometrias de absorção atômica e UV-VIS, fotometria de chama e gravimetria, foram determinados os elementos Ca, P, Na, K, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Si, Al e Rb. Os resultados mostraram que os perfis minerais e os valores nutritivos em potencial dos dois alimentos se equivalem, em termos de Ca, P, K, Mg, Zn, Mn e Cu. Comparados com as necessidades dietárias, não são fontes de Ca, P, K, Zn e Cu; além destes, o Pão Francês não o é em Si. O *Pão Forte/FSDT* é fonte de Fe e Si, e o Pão Francês, de Na. A contribuição de ambos é de relativo significado para o suprimento diário de Mg e Mn. Os teores dos não-nutrientes Al e Rb foram inferiores àqueles da literatura, referentes à ingestão diária.

Palavras-chave: macromelementos, microelementos, *Pão Forte/FSDT*, Pão Francês, análise química, controle de qualidade de alimentos

ABSTRACT

MINERAL PROFILES AND NUTRITIVE POTENTIAL VALUE OF *PÃO FORTE/DTSF* AND OF FRENCH BREAD. Because of the important role that the mineral elements play in nutrition and human health and because there are not enough data in the literature regarding their levels in foods, the mineral profile and respective nutritive potential value of *Pão Forte/DTSF* were evaluated. The French Bread was analyzed too for comparison. The *Pão Forte/DTSF* is a specially formulated food for undernourished pre-school children containing sugar, broken rice, peanuts, wheat flour, defatted and toasted soybean flour (DTSF), corn meal, soybean oil, salt, leavening yeast, ferrous sulphate, vitamins A and B12 and water. Using X-ray spectrometry, atomic absorption and UV-VIS spectrophotometry, flame photometry and gravimetry, the elements Ca, P, Na, K, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Si, Al and Rb were determined. The results showed that the mineral profiles and nutritive potential value of both foods are equivalent with respect to Ca, P, K, Mg, Zn, Mn, and Cu. Compared to the daily necessities they are not sources of Ca, P, K, Zn and Cu; in addition, French Bread is not a source of Si. The *Pão Forte/DTSF* is a source of Fe and Si and the French Bread of Na. The contributions of both products are of relative significance for the daily supply of Mg and Mn. The levels of the non-nutrients Al and Rb were below those given in the literature for daily intake.

Key-words: macroelements, microelements, *Pão Forte/DTSF*, French Bread, chemical analysis, food quality control

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a fome é uma realidade inquestionável. Segundo SILVA (1994), acredita-se que cerca de 32 milhões de brasileiros vivem em condições de pobreza absoluta. Contudo, a atualização dos conhecimentos disponíveis no país sobre o estado de saúde e nutrição da população brasileira data de 1989, quando o Instituto Nacional de Alimentação e Nutrição (INAN) realizou a Pesquisa Nacional sobre Saúde e Nutrição (PNSN).

Uma maneira de se mensurar a pobreza absoluta, inclusive pouco explorada no Brasil, consiste em utilizar indicadores capazes de avaliar o crescimento do ser humano nos primeiros anos de vida. Tal crescimento físico, no mínimo, reflete um bom estado de nutrição e a ausência de enfermidades freqüentes que, por sua vez, pressupõe o atendimento efetivo das necessidades elementares (alimentos, água, moradia, saneamento, ações básicas de saúde e outros).

A partir dos dados da pesquisa do INAN, MONTEIRO (1992) estimou a prevalência de crianças de estatura muito baixa em diferentes estados brasileiros. Os resultados mostraram a ocorrência de dois grupos distintos: o primeiro, constituído por estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste, onde a freqüência de retardos severos de crescimento fica entre 4,9 e 11,6% (Minas Gerais com 10,6%); o segundo grupo, constituído apenas por estados do Norte e Nordeste, onde a mesma freqüência se situa entre 16,7 e 33,8% (TAB. 26, ANEXO A, p. 100).

Na região metropolitana de Belo Horizonte, conforme estatística da Secretaria Municipal de Abastecimento, cerca de 350 mil pessoas, correspondendo a 20% da população da Capital, não ingerem diariamente as quantidades de calorias (2400 cal), proteínas (53g) e gorduras (32g) recomendadas pela Organização das Nações Unidas (ONU). Tendo como base os dados do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1991, o Instituto de Pesquisas Econômicas e Administrativas da Universidade Federal de Minas Gerais (IPEAD/UFMG) concluiu um levantamento, no qual os bairros que apresentaram as menores rendas médias, compreendidas entre 0,85 e 2,70 salários mínimos, foram: Capitão Eduardo, Jardim Felicidade, Sumaré, Vila Cafezal, Vila CEMIG, Morro das Pedras, Jardim Vitória, Confisco, Taquaril, Cabana, Pedreira Prado Lopes e Washington Pires (VIEIRA, 1996).

Segundo ARAÚJO (1992), a desnutrição - doença de caráter eminentemente social - representa para o país um problema grave de saúde das crianças, sendo associada

como causa ou conseqüência do elevado risco de morte nos cinco primeiros anos de vida. Nesta faixa etária, cerca de 60% das crianças vivem em domicílios, cujas condições de saneamento são inadequadas, e mais de 30% apresentam desnutrição. A proporção de crianças brasileiras desnutridas, em idade pré-escolar, é pior que na maioria dos outros países da América Latina, superada apenas pelo Haiti, Guatemala e El Salvador.

A estrutura sócio-econômica do país cria o fenômeno da desnutrição, dificultando, ou mesmo impedindo, o acesso de diversas camadas da população a bens e serviços básicos. Uma política de alimentação e nutrição envolve, além do problema alimentar e nutricional, o saneamento básico, a assistência à saúde, a educação, a moradia, a geração de emprego e renda e a produção de alimentos. Enquanto não se adotam medidas desta ordem - embora seja evidente que nenhum país resolverá seus problemas de desnutrição e fome com programas assistencialistas na área de alimentação - ações transitórias de curto prazo tornam-se importantes, objetivando dar acesso a alimentos de bom valor nutritivo às populações de baixa renda. Inclui-se, neste caso, o uso do *Pão Forte* como uma das fontes de alimentos fortificados.

O *Pão Forte* é um alimento formulado e, segundo a Portaria n. 41, de 12 de maio de 1995, da Secretaria de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1995a), enquadra-se na categoria de "Alimentos para Fins Especiais", dentro da classificação de "alimentos especialmente formulados para grupos populacionais específicos", pertencendo à categoria de "alimentos para lactentes e crianças de primeira infância".

A concepção do *Pão Forte* data de 1989, e a peculiaridade deste alimento fundamenta-se no fato de reunir, em um único produto, diversas fontes de origem vegetal, sendo destinado especialmente a crianças subnutridas. É uma formulação desenvolvida pelo professor Munir Chamone, do Departamento de Bioquímica e Imunologia do Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UFMG), que coordena o projeto "Centro Educacional em Saúde" (CES), através de convênio firmado entre a UFMG, Prefeituras de Contagem/MG e Santa Luzia/MG, centros comunitários e governo federal. A denominação *Pão Forte* tem cunho comercial, uma vez que a proposição é difundir amplamente o consumo do alimento.

A unidade principal de produção encontra-se instalada na creche Centro Infantil Mundo Maior do Centro em Educação Social Bezerra de Menezes, bairro Tijuca, Contagem, e produz, em média, 3500 unidades por semana. Cada unidade de 45 a 50g tem o preço

cerca de 4 vezes menor que o do pãozinho de sal comum, em parte, devido ao fornecimento subsidiado de alguns dos ingredientes, pagamento de pessoal e de outras despesas pela Prefeitura de Contagem e associações comunitárias e por doações.

O *Pão Forte*, desde a sua criação até o momento, apresenta algumas opções de formulação, sobretudo vinculadas à disponibilidade de alguns ingredientes. A formulação avaliada no presente estudo foi desenvolvida em 1993 e empregada até julho/1994 e tinha como constituintes: fubá mimoso, farinha de trigo, farinha de soja desengordurada e tostada (FSDT), quirera de arroz moído, açúcar cristal, óleo de soja, amendoim, sal, fermento biológico, sulfato ferroso, vitaminas A e B12 e água. Naquele período, cerca de 500 crianças, na faixa etária entre dois e seis anos, de três creches e quatro pré-escolas do bairro, recebiam o produto, que também era comercializado em bairros vizinhos (Estrela Dalva, Recanto, Confisco, Francisco Mariano e São Mateus).

A produção e distribuição do *Pão Forte*, pela sua finalidade de combate à desnutrição infantil, encontravam-se em franca expansão. Assim, a avaliação do produto alimentício quanto às suas características bromatológicas e ao valor nutritivo em potencial era primordial. Neste sentido, seria importante realizar a análise química de alguns elementos minerais no produto, tendo em vista o interesse crescente pela pesquisa dos mesmos em alimentos, devido ao reconhecimento da sua importância na nutrição e na saúde humana. A infra-estrutura de técnicas analíticas disponível no CDTN/CNEN viabilizou a execução do trabalho.

Dos 92 elementos químicos naturais conhecidos atualmente, 21 são considerados essenciais à nutrição. Eles são classificados como macro- ou micronutrientes, na dependência da quantidade de cada um que é necessária à saúde. Encontram-se ainda, no organismo, elementos que aparentemente não desempenham qualquer papel e que, eventualmente, podem estar presentes devido à contaminação através do meio ambiente (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982).

Segundo LAJOLO (1994), dados sobre a composição dos alimentos são importantes, por exemplo, para verificar a adequação nutricional da dieta de indivíduos e de populações, para avaliar indiretamente o estado nutricional ou nível de risco e para desenvolver pesquisas sobre as relações entre dieta e doença. No entanto, no Brasil, as informações contidas nas tabelas de composição de alimentos existentes são incompletas e desatualizadas, tanto em termos de alimentos como de nutrientes e, freqüentemente,

pouco confiáveis, por falta da descrição de procedimentos analíticos ou pelo uso de técnicas inadequadas. Muitas vezes, estas tabelas constituem-se cópias de dados obtidos no exterior. Além disso, muitos produtos relacionados não são mais consumidos hoje em dia; por outro lado, produtos novos, naturais ou processados, decorrentes de novos hábitos alimentares, não têm o seu perfil conhecido. Novos nutrientes e não-nutrientes, cujas necessidade e essencialidade foram descobertas nos últimos anos, não constam das informações disponíveis; é o caso, por exemplo, de compostos como oligoelementos, vitaminas e carboidratos. Muitos dados obtidos nas tabelas produzidas no Brasil (ou mesmo no exterior) são pouco confiáveis, por não terem informações sobre como foram obtidos, a técnica empregada, os critérios e a forma de amostragem usados e as condições de armazenamento da amostra, por exemplo.

Com relação aos elementos minerais, ressalta-se o fato de que, dos 21 essenciais, apenas cálcio, fósforo, ferro, sódio, potássio e menos comumente magnésio, cobre e zinco aparecem nas tabelas, seja pela presença de pequena quantidade destes elementos nos alimentos, seja pela dificuldade de sua análise por técnicas mais simples.

Dentro deste contexto, o trabalho teve como objetivo estabelecer o perfil mineral e o respectivo valor nutritivo em potencial do *Pão Forte* contendo farinha de soja desengordurada e tostada (*Pão Forte/FSDT*), em comparação ao *Pão Francês*. Empregando-se técnicas de análise química convencional/instrumental (gravimetria, fotometria de chama, espectrofotometria no visível, espectrofotometria de absorção atômica e espectrometria de fluorescência de raios X), foram aplicadas metodologias para determinação dos seguintes elementos minerais: cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, ferro, cobre, manganês, zinco, silício, alumínio e rubídio.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Desnutrição infantil

De acordo com o relatório do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF, 1994), a desnutrição é um problema comum e chocante, tanto em escala quanto em gravidade, impedindo o crescimento físico e mental de uma em cada três crianças nos países em desenvolvimento. Apenas 1 ou 2% das crianças em todo o mundo exibem sinais visíveis de desnutrição. Entretanto, estima-se que 190 milhões de crianças menores de cinco anos sejam cronicamente desnutridas. O problema é mais amplamente difundido na Ásia Meridional, que abriga 50% de todas as crianças desnutridas em todo o mundo.

Problemas específicos, como baixo peso ao nascer e práticas, como o aleitamento na mamadeira contribuem decisivamente para a desnutrição. Entretanto, a causa principal é o acúmulo de doenças, especialmente a diarreia, que proliferam em comunidades pobres, desprovidas de abastecimento de água limpa e saneamento. Doenças crônicas drenam os nutrientes do corpo e de suas células (efeito sinérgico da desnutrição com a infecção).

No Brasil, o INAN concebeu, no ano de 1988, a PNSN. Nesta pesquisa, levada a campo pelo IBGE, de julho a setembro de 1989, foram visitados 17.920 domicílios em todo o território nacional, com exceção da pouco acessível área rural da região Norte, registrando-se peso e altura das 62.000 pessoas entrevistadas (ARAÚJO, 1992; MONTEIRO, 1992). Segundo ARAÚJO (1992), os resultados mostraram que 30,7% das crianças brasileiras menores de cinco anos apresentavam alguma forma de desnutrição (5.024.173 crianças), sendo que 5,1% sofrem de desnutrição moderada ou grave, observando-se no Nordeste as maiores taxas (TAB.27 a 29, ANEXO A, p. 101 - 102). Do ponto de vista de pobreza absoluta, MONTEIRO (1992) relatou a existência literal de dois países: o Brasil do Norte e Nordeste, onde parte considerável das famílias não tem ainda atendidas as necessidades humanas mais elementares, a exemplo do que ocorre nas nações mais pobres do mundo, e o Brasil da metade Sul, onde o atendimento global destas necessidades parece mais próximo, a exemplo do que ocorre em um reduzido grupo de países em desenvolvimento.

ARAÚJO (1992) afirmou:

"A desnutrição energético-protéica é o problema principal de nossa população infantil, com graves repercussões no crescimento e na capacidade mental de nossas crianças, sendo responsável pelo alto índice de doenças e pela alta mortalidade infantil. Os efeitos da desnutrição infantil acompanham o indivíduo por toda a sua vida, explicando o baixo rendimento escolar, a alta taxa de dispensa do serviço militar por problemas de saúde, o baixo rendimento do trabalho físico, a passividade, o comodismo e a aceitação da pobreza, das doenças e da fome. Tudo isso, evidentemente, tem grande influência no desenvolvimento político, econômico e social do país".

As informações contidas no relatório do UNICEF (1994) elucidam o estado da desnutrição da seguinte maneira: quando a alimentação é insuficiente, o corpo humano adapta-se para continuar funcionando. Na maioria das vezes, os mecanismos utilizados nesta adaptação são invisíveis. Virtualmente, o único sinal visível é a fraqueza, uma queda de energia que ocorre enquanto o corpo luta para conservá-la. Para compensar a falta de nutrientes, a taxa metabólica do corpo decresce. A pressão sangüínea cai. Caso tenha pouca gordura, o corpo "rouba" de suas próprias reservas, consumindo músculos ao invés de gorduras e retardando ou deformando o crescimento dos ossos. Muito antes de tornar-se visível, a desnutrição amplia as piores conseqüências de doenças. O risco de morte, em função de uma determinada doença, duplica em casos de crianças moderadamente desnutridas e triplica em casos de crianças gravemente desnutridas. Além da desnutrição energético-protéica, são quatro as carências nutricionais específicas do Brasil: a hipovitaminose A, as anemias carenciais, o bócio endêmico e a cárie dental (ARAÚJO, 1992).

A hipovitaminose A é resultante de uma alimentação deficiente em vitamina A ou de seu aproveitamento inadequado. Esta carência está diretamente associada às lesões oculares e cegueira; é na idade pré-escolar que a hipovitaminose A pode levar à cegueira. Os principais fatores ligados a esta carência são:

- consumo inadequado de vitamina A;
- consumo reduzido de lípidos pelas famílias de baixa renda;
- desmame precoce;
- uso de leite em pó desnatado não fortificado;
- preço elevado dos alimentos que são fontes de vitamina A;
- informação escassa sobre o valor nutritivo dos alimentos.

A anemia carencial se deve, principalmente, à carência de ferro, sendo agravada pelo elevado parasitismo intestinal. A anemia nutricional reduz o rendimento do trabalho físico e a resistência às infecções. As gestantes, quando apresentam este quadro anêmico, têm aumentado o risco gravídico e a probabilidade de parto prematuro. As ações básicas para a prevenção da anemia por deficiência de ferro incluem: suplementação medicamentosa com ferro, controle das infestações parasitárias, educação associada a medidas de aumento do consumo do elemento e a fortificação de alimentos básicos com ferro (SZARFARC et al., 1995).

O bócio endêmico está associado à deficiência de iodo, que pode ser combatida eficazmente pela iodatação do sal de cozinha, sendo esta obrigatória no Brasil.

A cárie dental representa, em dois terços dos casos, um problema de deficiência nutricional específica de flúor, com graves transtornos e complicações. Ainda que de tratamento fácil e de baixo custo, é sério problema no país (ARAÚJO, 1992).

De acordo com MONTEIRO (1992), a eliminação da pobreza absoluta no país requer admitir-se que:

- o problema situa-se, não exclusivamente, é óbvio, mas sobretudo nas regiões Norte e Nordeste do país;
- a situação mais desfavorável destas regiões é devida não apenas a menores níveis de renda familiar, mas também ao menor acesso da população a serviços essenciais da responsabilidade do Estado;
- o sucesso de qualquer política de erradicação da pobreza absoluta no Brasil irá depender de sua capacidade em elevar seletivamente o nível de renda das famílias do Norte e Nordeste e de fazer chegar a elas, pelo menos, os mesmos benefícios sociais já conquistados pela população que vive na metade Sul do país.

Portanto, tal situação só poderá ser superada pela adoção de uma política de alimentação e nutrição adequada, que inclui, além do equacionamento do problema alimentar e nutricional, saneamento básico, ações básicas de saúde e educação, moradia e emprego. Em contrapartida, programas assistenciais na área de alimentação, ainda que tímidos e de pouca abrangência em relação às necessidades, são essenciais. A produção e distribuição de alimentos fortificados, como o *Pão Forte*, constitui uma atividade desta área.

2.2 Fortificação dos alimentos

Parte da nutrição está relacionada ao processo de fornecer todos os nutrientes necessários ao organismo, de maneira equilibrada, para que possam ser bem digeridos, absorvidos e adequadamente metabolizados, a fim de se obter a manutenção dos tecidos, o crescimento, as atividades e a reprodução. A boa nutrição não se deve restringir aos aspectos protéicos e energéticos da dieta. Há uma estreita relação entre macro- e micronutrientes, de maneira tal que, na prática, somente através de uma combinação bem diversificada pode-se aproveitar toda a potencialidade nutritiva dos alimentos (BRANDÃO, 1989).

A fortificação é um importante recurso de aumentar o valor nutricional dos alimentos, em particular, pela adição de vitaminas, sais minerais ou proteínas a alimentos básicos, acessíveis para todas as camadas da população. É uma maneira simples de contribuir para a prevenção de algumas doenças carenciais.

O conceito de fortificação refere-se tão somente à adição de nutrientes ao alimento. Entretanto, o termo enriquecimento é utilizado para descrever um tipo especial de fortificação baseado em algumas circunstâncias como custo, reposição do nutriente perdido no processamento e não percepção da adição (IDA & POPPER, 1994). Segundo a Resolução n. 12, de 4 de julho de 1978, da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (BRASIL, 1978), "considera-se alimento enriquecido todo aquele ao qual for adicionada substância nutriente, com o objetivo de reforçar o seu valor nutritivo, seja repondo quantitativamente os nutrientes destruídos durante o processamento do alimento, seja suplementando-o com nutrientes em nível superior ao seu conteúdo normal".

O uso de alimentos enriquecidos tem sido fonte de pesquisas para suprir as carências nutricionais em diversas partes do mundo, tanto em países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento. Assim, nos Estados Unidos, a morte pela pelagra era conseqüência da deficiência de niacina e, desde 1931, o trigo é enriquecido (conseqüentemente o pão), verificando-se, a partir dessa época, uma diminuição no número de mortes (LACHANCE, 1992). Considerando os hábitos alimentares da população brasileira, trigo(farinha), milho(fubá) e arroz são os cereais mais indicados para serem enriquecidos (IDA & POPPER, 1994).

Em 1987, VITTI & VALLE verificaram que a substituição do leite pelo soro de queijo em diferentes tipos de pães (pão de forma, pão para cachorro quente e para hambúrguer) não interferia nas qualidades finais dos produtos, apresentando, inclusive, melhorias nos aspectos de aroma, sabor, textura e qualidades nutricionais, quando comparados com os produtos não substituídos. Em outro exemplo, citado por CHAVAN & KADAM (1993), a farinha de trigo comum é parcialmente substituída por outras farinhas mais nutritivas em vários produtos de panificação, sendo que só esta substituição aumentava os valores nutricionais destes alimentos. Pode-se mencionar ainda, como fontes de proteínas para fortificação em panificação - ovos, leite e seus derivados e farinhas de outros cereais que não o trigo, de leguminosas ou de oleaginosas.

No Brasil, tendo em vista, principalmente, a redução de custos com a importação de trigo, tem-se pesquisado a utilização de outros alimentos, como a banana, por exemplo, na obtenção de farinhas que possam substituir parcialmente a farinha de trigo (LOURES et al., 1990). Quanto às farinhas compostas, tanto protéicas como amiláceas, desde 1964, atividades de pesquisas vêm sendo desenvolvidas, tendo em vista matérias-primas básicas para seu preparo, dando-se ênfase ao centeio, cevada, triticale, mandioca, milho, arroz, soja e trigo mourisco (LOURES, 1989). A combinação de farinhas provenientes de leguminosas, como o feijão e a soja, com a farinha de trigo e de mandioca apresenta vantagens, pois melhora a qualidade da proteína contida nos dois alimentos, possibilitando seu melhor aproveitamento pelo organismo, além de resultar em um produto com uma quantidade de proteína total substancialmente mais elevada (REIS et al., 1976; FREITAS, 1985; SANTOS, 1992; EL-DASH et al., 1994).

No que diz respeito aos elementos minerais, a carência de ferro é a mais comum, sendo a fortificação de alimentos um dos caminhos mais eficazes na sua prevenção e controle (SZARFARC et al., 1995). Dentre as fontes de ferro para fortificação, é importante levar-se em conta a biodisponibilidade dos sais de ferro relativa à do sulfato ferroso, seu potencial reativo, que interfere na vida de prateleira do alimento fortificado (compostos inertes têm baixa e os reativos alta biodisponibilidade) e seu custo. Outra fonte de ferro é a hemoglobina, sendo o concentrado de hemoglobina, obtido a partir do abate de animais, uma forma de ferro não convencional que tem sido proposta para fortificação de alimentos (COLLI, 1994).

No Brasil, NOGUEIRA et al. (1992) prepararam biscoitos fortificados com 3% de ferro hemoglobínico e avaliaram o impacto na dieta de pré-escolares de uma creche no Piauí. Com a ingestão adicional de cinco biscoitos por dia (5mg de Fe) durante 90 dias, a repleção hemoglobínica foi alcançada por 100% das crianças que apresentavam 75% de prevalência de anemia ferropriva, no início do estudo.

A grande dificuldade na fortificação com ferro é a identificação de um alimento viável de ser fortificado, a forma de ferro adequada, que proporcione biodisponibilidade aceitável, sem alteração das qualidades organolépticas e que tenha um tempo de prateleira compatível com sua distribuição e consumo habituais. Além disto, a fortificação de alimentos com ferro apresenta dificuldades técnicas específicas, uma vez que as formas biodisponíveis do elemento são quimicamente reativas e tendem a produzir alterações indesejáveis nos alimentos aos quais são adicionadas (SZARFARC et al., 1995).

Neste contexto, há uma grande necessidade de se desenvolver diversos tipos de alimentos fortificados com ferro, que garantam variedade de opções, permitindo o aumento no aporte de ferro e que estejam disponíveis no mercado para toda a população. Além do que, o problema da anemia ferropriva no Brasil tende a se agravar, necessitando medidas definitivas para o seu controle e prevenção. Dentre estas, a mais premente é encontrar diversos alimentos viáveis de fortificação com ferro, que tenham o apoio de legislação específica que controle a qualidade dos mesmos (SZARFARC et al., 1995).

2.3 O Pão Forte

Em Minas Gerais, um grande esforço tem sido empreendido para melhorar a qualidade da alimentação básica da população de baixa renda (CHAMONE & JOKL, 1993). Em 1978, a então Legião Brasileira de Assistência (extinta em 1994) introduziu o programa "Alimentos de Baixo Custo", destinado à população em risco nutricional. Por causa deste programa, foi distribuída, no Brasil, uma apostila, que continha receitas caseiras que empregavam alimentos não convencionais, tais como folhas de tubérculos (mandioca e beterraba, por exemplo), talos de hortaliças e outras prováveis fontes alimentares, que eram desperdiçadas na cozinha. A partir desta iniciativa, outros trabalhos foram feitos junto à população carente, procurando utilizar fontes alternativas alimentares, tais como: farinha de banana, farelos de arroz e de trigo e casca de ovo.

Em 1989, o professor Munir Chamone idealizou um alimento único, que fosse capaz de prevenir tanto a desnutrição protéico-calórica quanto a anemia ferropriva, sendo destinado, em especial, a crianças subnutridas em idade pré-escolar. A partir de fontes de cereais que fazem parte dos hábitos alimentares da população brasileira, ou seja, trigo (farinha), milho (fubá) e arroz, fortificados com soja, ferro (sulfato ferroso), vitaminas A e B12, estavam delineados alguns componentes do alimento. O produto, contendo ainda açúcar, amendoim, óleo de soja, sal, fermento biológico e água, pelas suas características e finalidade, recebeu o nome de *Pão Forte*.

A formulação do produto foi estabelecida a partir da tabela de composição de alimentos de BOWES & CHURCH (1970) e de recomendações feitas por LIENER (1972). Seu teor em macronutrientes foi calculado de modo que a composição calórica correspondesse a 10% proveniente de proteínas, 25% de lípidos e 60% de carboidratos (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982). O alimento, desde a sua criação até o momento, sofreu modificações em sua formulação básica ou em componentes, de modo a lhe conferir melhor aceitabilidade, além de se ter de levar em consideração a disponibilidade de alguns dos ingredientes. Assim, já existem diversas opções de formulação: inclusão de farelo de arroz de boa qualidade e cenoura (*Pão Forte/FAC*), farelo de arroz extrusado e cenoura (*Pão Forte/FAEC*) ou farinha de soja desengordurada e tostada (*Pão Forte/FSDT*).

Em entrevista ao jornal Estado de Minas, CHAMONE (1993) explicou que a associação do fubá, arroz, trigo e soja forma um conjunto de proteínas que passa a ter um valor biológico semelhante ao das proteínas de origem animal (carne, queijo, leite e ovos) e tem um custo bem mais baixo. Além do que, 80% das proteínas que uma criança necessita para crescer sadia estão nesta mistura. A presença do óleo no produto está ligada, obviamente, ao consumo de energia. "A criança que não tem músculos não irá ganhá-los, mesmo que se alimente só de proteínas, porque elas serão consumidas pelas atividades físicas. A presença do óleo permite ao organismo armazenar as substâncias de maior valor protéico" (CHAMONE, 1993). A adição de sulfato ferroso previne a anemia, já que só o ferro existente na soja não é suficiente. A vitamina B12, importante para o crescimento da criança, é adicionada, uma vez que só existe em maior quantidade no reino animal. A adição de vitamina A contribui para minimizar as infecções.

A Portaria n. 59, de 13 de julho de 1995, da Secretaria de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1995b), que aprova a Norma Técnica para Complemento Nutricional, exclui desta categoria alimentos como o *Pão Forte*, ou seja, os alimentos para fins especiais, enriquecidos ou fortificados. Por definição da referida Portaria, "complemento nutricional é um produto elaborado com a finalidade de complementar a dieta cotidiana de uma pessoa saudável, que deseja compensar um possível déficit de nutrientes, a fim de alcançar os valores da dose diária recomendada (DDR). O complemento nutricional não substitui o alimento, não podendo ser utilizado como dieta exclusiva. Nutrientes isolados são definidos como suplemento nutricional". Por esta Portaria, os termos complemento nutricional e suplemento nutricional passam a substituir os termos complemento alimentar e suplemento alimentar.

Os alimentos para fins especiais, que é o caso do *Pão Forte*, estão enquadrados na Portaria n. 41, de 12 de maio de 1995, da Secretaria de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1995a), que define: "alimentos para fins especiais são aqueles especialmente formulados e/ou produzidos, adequados à utilização em dietas diferenciadas ou opcionais, destinadas a pessoas sãs ou não, nos quais se introduzem quaisquer modificações no conteúdo de nutrientes ou caracteres organolépticos". Incluem-se, como alimentos para fins especiais, os preparados especialmente formulados para reposição energética, vitamínica e hidroeletrólítica, nas formas líquida, pastosa, sólida ou pós para o preparo de bebidas.

2.4 Constituintes do *Pão Forte*/FSDT

Açúcar, arroz, amendoim, farinha de trigo, fubá, farinha de soja desengordurada e tostada, óleo de soja, fermento biológico, sal, vitaminas A e B12, sulfato ferroso e água são os componentes da formulação do *Pão Forte*/FSDT, dos quais seguem algumas considerações.

2.4.1 Açúcar

Pela própria definição, o açúcar é um subproduto obtido da cana-de-açúcar ou de outros vegetais, principalmente a beterraba e, após processos de refinação, é apresentado sob a forma de cristais brancos, doces e completamente solúveis (ARAÚJO, 1991).

Em panificação, o açúcar é usado, fundamentalmente, como substrato das células do fermento biológico, que o utilizam para produzir a energia necessária à sua sobrevivência e reprodução. Como resultado do metabolismo do açúcar, estas leveduras liberam gás carbônico, álcool e substâncias aromáticas na massa do pão. O gás produzido é o responsável pelo crescimento da massa; o álcool e as substâncias aromáticas contribuem para o sabor e o aroma do pão (VILMA..., 1995). Além de substrato do fermento, o açúcar tem como funções: adoçar as massas, atuar como abrandador e prover elementos para caramelização no forno, o que confere coloração básica à casca dos pães (ARAÚJO, 1991).

2.4.2 Arroz

O arroz (*Oryza sativa L.*) é uma fonte importante de calorias e proteínas para a população mundial. O grão do arroz integral apresenta cerca de 90% de amido e em torno de 8% de proteínas, sendo a lisina o principal aminoácido limitante, seguido da treonina (SGARBIERI, 1987).

O arroz, depois de descascado, é freqüentemente polido com glicose ou com óleos vegetais, para melhorar a sua aparência e prolongar o seu armazenamento. Em contrapartida, este processo diminui o seu teor de sais minerais e vitaminas.

2.4.3 Amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaeae L.*) é a quarta fonte mundial mais importante de óleo e a terceira de proteína de origem vegetal (SINGH & SINGH, 1991).

De acordo com PULITI (1989), cada grão, sem a película vermelha, contém cerca de 45% de óleo formado por uma mistura de ácidos graxos poliinsaturados (34%), monoinsaturados (48%) e saturados (18%), que o torna semelhante aos de oliva e milho. O amendoim é pobre em carboidratos (não mais de 20%) e rico em vitaminas do complexo B (ácido pantotênico, biotina, tiamina, riboflavina e niacina) e vitamina E; é uma fonte de cálcio e fósforo, apresentando pequena quantidade de ferro.

Segundo SINGH & SINGH (1991), o conteúdo protéico do grão inteiro está compreendido entre 22 e 30%, o que mostra uma ampla variação, bastante influenciada pelos genótipos e meio ambiente. As proteínas do amendoim são, geralmente, consideradas como sendo de baixa qualidade nutricional, porque vários dos aminoácidos

essenciais estão presentes em quantidades limitadas, tais como lisina, triptofano, treonina e os sulfurados.

2.4.4 Farinha de trigo

Farinha de trigo é o produto obtido pela moagem, exclusivamente, do grão de trigo *Triticum vulgare*, beneficiado (BRASIL, 1978).

De acordo com ARAÚJO (1991), a classificação das farinhas se faz, conhecendo-se o tipo de trigo, local e condições de seu plantio; o produto resultante tem um determinado coeficiente de proteínas e, pela percentagem de sua participação, as farinhas de trigo são classificadas em:

- duríssimas, em torno de 14% de proteínas;
- duras, cerca de 12% de proteínas;
- fracas, ao redor de 8% de proteínas.

Para panificação, as farinhas duras são as mais indicadas, tendo uma farinha de boa qualidade a seguinte composição: umidade=14,3%; carboidratos=72,7%; gordura=1,3%; proteínas=11,3%; sais minerais=0,4%. As proteínas englobam duas classes: as hidrossolúveis e as formadoras de glúten. As primeiras formam uma pequena parte e são importantes como substrato do fermento biológico, durante a fermentação. As outras (gliadina e glutenina) são aquelas que irão formar o glúten. O glúten é uma substância elástica, de coloração âmbar, pegajosa, formada pelas proteínas quando submetidas à ação da mistura mecânica, em presença da água. Esta substância tem a propriedade de servir como arcabouço do pão, bem como de armazenar o gás carbônico liberado pela fermentação, que se expande no calor dos fornos, promovendo o crescimento do pão. É também responsável pela retenção da maioria da umidade que a massa e o pão assado contêm, servindo, dessa forma, de elemento de conservação e maciez dos pães (ARAÚJO, 1991).

2.4.5 Fubá

No Brasil, o milho (*Zea mays*), depois de transformado em fubá, é uma das mais importantes formas de utilização na alimentação humana. Este fubá pode ser feito a partir do milho integral (fubá integral ou simplesmente fubá) ou a partir do milho degerminado

(retira-se o embrião ou gérmen e o pericarpo, restando apenas o endosperma, que recebe o nome de canjica). Esta canjica moída produz o chamado fubá mimoso (PEIXOTO et al., 1990).

O milho juntamente com o arroz, feijão, pão, açúcar, óleo e macarrão constituem as principais fontes de calorias e proteínas para a população; contém cerca de 70% de amido e aproximadamente 10% de proteínas. Entretanto, a proteína do milho é considerada de baixa qualidade, por ser deficiente em dois aminoácidos essenciais - lisina e triptofano (MAFFIA, 1980).

Segundo PEIXOTO et al. (1990), existe uma complementação de aminoácidos em uma mistura de 80% de farinha de trigo e 20% de fubá de milho comum. Além disso, o fubá de milho integral possui 3 a 5% de óleo de bom valor nutricional, e a adição de cerca de 20% deste fubá à farinha de trigo, para a confecção de pães, permite eliminar a adição de óleo de soja à massa, conferindo ganhos econômicos e nutricionais ao usuário.

O fubá é utilizado em formulações específicas, como mingau, panquecas, bolos, pães de milho, alimentos infantis, cereais do café da manhã e tira-gostos; na fabricação de macarrão, já foi incluído até o nível de 85% (MAFFIA, 1980).

2.4.6 Farinha de soja desengordurada e tostada

A farinha de soja desengordurada e tostada (FSDT) é produzida a partir do resíduo de extração do óleo dos grãos de soja (*Glycine soja*). A etapa mais crítica do processo é a remoção do hexano residual dos flocos. Esta operação é feita no dessolventizador, pela aplicação de calor e vácuo, seguida de tratamento com grande quantidade de vapor úmido. Esta farinha pode ser considerada como um dos mais importantes produtos industrializados de soja, não só pela sua utilização no enriquecimento protéico de diversos alimentos, mas sobretudo pelo seu emprego na obtenção de produtos como isolado protéico, concentrado protéico e proteína texturizada de soja (EL-DASH et al., 1994).

Uma das principais razões que levam ao uso da FSDT em panificação é o enriquecimento protéico, já que a farinha de trigo contém baixo teor em lisina, e a adição da FSDT, rica neste aminoácido, elimina esta deficiência. Assim, o trigo e a soja são complementares, pelo alto conteúdo de lisina na soja e pela maior proporção de aminoácidos sulfurados no trigo. Em contrapartida, do ponto de vista tecnológico, o

enriquecimento da farinha de trigo com a FSDT pode levar a algumas alterações de cor, aroma e sabor, bem como a uma redução do volume. Estas alterações devem ser consideradas e modificações introduzidas, tanto na formulação quanto no processamento, tendo em vista a melhoria da qualidade do produto (EL-DASH et al., 1994).

Na TAB. 1, apresenta-se a comparação entre a composição química da FSDT, inclusive a de marca Caramuru, utilizada na produção do *Pão Forte/FSDT*, e dos demais produtos derivados de soja.

TABELA 1
Composição química dos produtos derivados de soja

Parâmetro ¹	FSDT		Farinha integral %	Concentrado protéico %	Isolado protéico %
	Caramuru ² %	Literatura %			
Proteína (mínimo)	51,4	50,0	44,0	68,0	88,0
Óleo (máximo)	0,6	2,0	20,0	1,0	0,5
Fibra (máximo)	8,0	4,0	3,3	5,0	1,0
Cinza (máximo)	8,0	6,5	6,0	5,0	1,0
Umidade (máximo)	12,5	9,0	8,0	8,0	6,0

1- Calculado em base seca.

2- Usada na produção do *Pão Forte/FSDT* (de acordo com especificações do rótulo).

FONTE - EL-DASH et al., 1994.

2.4.7 Óleo de soja

O óleo de soja, assim como os de outros vegetais (milho, côco, mamona, por exemplo), é obtido pela compressão do vegetal, seguida de refinamento e desodorização (ARAÚJO, 1991).

A panificação requer o uso de produtos mais rígidos, semelhantes à gordura de origem animal. Assim, os óleos vegetais, para serem melhor utilizados nesta área, são submetidos ao processo de hidrogenação. Apesar desta limitação, o óleo de soja foi utilizado, como tal, na formulação.

2.4.8 Fermento biológico

O fermento biológico é constituído pelo microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*, o qual transforma os açúcares presentes na massa em álcool e gás carbônico. O gás carbônico confere à massa e ao pão a estrutura porosa responsável pela leveza e pelo volume. O álcool produzido contribui para a expansão da massa, durante seu assamento, e é responsável por grande parte do aroma do pão (EL-DASH et al., 1994). A eficiência da ação do fermento é influenciada pela disponibilidade de açúcares, temperatura e umidade (VILMA..., 1995).

Os tipos de fermentos biológicos industrializados disponíveis para a panificação são: fermento fresco, fermento seco e fermento seco instantâneo. O fermento fresco - utilizado na produção do *Pão Forte/FSDT* - é comercializado com cerca de 70% de umidade e conserva-se por aproximadamente 15 dias, quando armazenado a uma temperatura de 4°C e uma umidade de 80 a 85%. O fermento seco é mais comum em usos domésticos, possui umidade de 8% e necessita ser reidratado antes de sua utilização. O fermento seco instantâneo é produzido através da desidratação das células das leveduras até o nível de 4% de umidade (VILMA..., 1995).

2.4.9 Sal

O cloreto de sódio é o sal comum ("sal de cozinha") utilizado na panificação. De acordo com ARAÚJO (1991), nesta área, apresenta diversas funções, a saber: hidratante; bactericida; fortalece o glúten; controla a fermentação; ressalta as cores; acentua os sabores; clareia o miolo e colabora na coloração externa.

2.4.10 Água

Segundo ARAÚJO (1991), como ingrediente de panificação, a água exerce as seguintes funções: hidrata os amidos, facilitando a sua digestão; impede o encasamento das massas; permite a ação das enzimas; dissolve os ingredientes sólidos, permitindo sua incorporação à massa; é essencial à ação dos fermentos; distribui e controla a temperatura das massas; é responsável pela consistência final da massa; possibilita a formação do glúten; é importante para a confecção da própria massa; distribui, uniformemente, os ingredientes em quantidades baixas, na massa; em grande parte, é responsável pela conservação dos pães.

2.4.11 Vitamina A

A vitamina A da dieta provém do retinol e de vários carotenos, que são precursores de vitamina A. O retinol só se encontra em alimentos de origem animal, especialmente fígado, leite integral e ovos. Quanto aos carotenos, geralmente, são boas fontes certas verduras de cor verde-escuro (espinafre, mostarda, agrião), cenoura e abóbora (VANNUCCHI et al., 1990).

Tanto a estrutura dos carotenóides quanto a do retinol incluem várias ligações duplas conjugadas, o que os torna altamente susceptíveis à oxidação (LEHNINGER, 1985). Os compostos purificados e sintéticos são extremamente instáveis; nos alimentos, a vitamina A e os carotenóides estão dissolvidos nas gorduras, juntamente com antioxidantes naturais, sendo, portanto, mais estáveis. Assim, a sua oxidação depende da taxa de oxidação das gorduras, já que são atacados por peróxidos e radicais livres formados a partir das gorduras. A degradação, desta maneira, depende da temperatura, da presença do oxigênio do ar, sendo promovida por luz, traços de ferro e, em especial, por traços de cobre. Antioxidantes que protegem as gorduras fazem o mesmo com o retinol e o caroteno. A oxidação da vitamina A resulta em uma perda completa de atividade vitamínica (TANNENBAUM & VERNON, 1985).

Por ação da temperatura de processamento, do teor de umidade do produto e/ou do tempo de armazenamento, a vitamina A, principalmente como palmitato de retinol, sofre alteração da forma *trans*, ativa, para a forma *cis*, 50% menos ativa (YONG, 1979).

2.4.12 Vitamina B 12

A vitamina B12 (cianocobalamina) atua no desenvolvimento normal das células vermelhas, da medula óssea, dos intestinos e do sistema nervoso (BALCH & BALCH, 1990).

O armazenamento da vitamina B12 no fígado, sua circulação êntero-hepática e a falta de catabolismo significativo no organismo contribuem para a utilização eficiente dessa vitamina no indivíduo sadio. Os sintomas de deficiência podem levar 5 a 10 anos para surgirem, após a remoção total da vitamina da dieta (por exemplo, pela adoção de uma dieta vegetariana rigorosa). Desse modo, a deficiência de vitamina B12 é rara, mas, em idosos e vegetarianos, pode levar à anemia perniciosa, uma doença que causa a degeneração da medula óssea (ANDERSON et al., 1988).

Frutos do mar, carnes, ovos e produtos lácteos constituem boas fontes de vitamina B12. Os alimentos de origem vegetal não contêm vitamina B12, a menos que ela seja adicionada como enriquecimento (BALCH & BALCH, 1990). Durante o processamento, é geralmente estável ao calor e aos meios neutro e ácido. Sofre a ação de agentes oxidantes e redutores. Pequenas quantidades de ferro estabilizam a vitamina, enquanto que teores mais elevados acarretam perdas (BENDER, 1978).

2.4.13 Sulfato ferroso

○ sulfato ferroso pentaidratado foi o composto utilizado para enriquecer com ferro o *Pão Forte/FSDT*.

Segundo PASSMORE et al. (1986), dentre os sais de ferro (ascorbato, fumarato, sulfato e citrato, por exemplo) usados para o enriquecimento, o sulfato ferroso é uma das formas mais viáveis para a utilização em programas de fortificação de alimentos, tendo em vista que o ferro disponível nos alimentos enriquecidos é afetado tanto pela forma do ferro adicionado quanto pela natureza do veículo e qualidade de outros constituintes dietários.

○ sulfato ferroso é também o sal de ferro mais empregado na suplementação, nos casos das anemias ferroprivas. Contudo, apresenta absorção irregular e incompleta no trato gastrointestinal, em média, de 10 a 20% da dose administrada (CHAUD & FREITAS, 1994).

2.5 O Pão Francês

○ pão é o produto obtido pela cocção, em condições técnicas adequadas, de massa preparada com farinha de trigo, fermento biológico, água e sal, podendo conter outras substâncias alimentícias aprovadas (BRASIL, 1978).

○ Pão Francês é o produto elaborado com os quatro ingredientes básicos: farinha, água, fermento biológico e sal. Dentro da enorme variedade de pães consumida em todo o mundo, é o preferido pelo seu sabor e aroma típicos. No entanto, dentre todos os tipos, é o de mais difícil fabricação, pois exige matéria-prima de excelente qualidade e mão-de-obra especializada. Além disso, é o de mais baixo rendimento, já que, pelas suas próprias características, está sujeito a maiores tempo de cozimento no forno e perda de umidade. Também apresenta o mais elevado custo de distribuição, uma vez que, para

manter sua qualidade, é necessário fazer um maior número de fornadas e uma distribuição mais freqüente. Apresenta, ainda, o menor tempo de conservação (24 horas), devido à maior permanência no forno, para obtenção da cor característica, o que leva à perda de umidade (QUAGLIA, 1991). Por outro lado, devido à simplicidade de sua formulação, o Pão Francês não aceita adições sem apresentar mudanças significativas em suas características sensoriais, o que leva a uma rejeição por parte do consumidor (ARAÚJO, 1991).

2.6 Elementos minerais

2.6.1 Considerações gerais

Atualmente, dos 92 elementos químicos naturais listados na Tabela Periódica, 21 são essenciais à nutrição. Eles são classificados como macronutrientes, quando em concentrações superiores a 0,005% do peso corporal, e micronutrientes, quando em quantidades inferiores a 0,005% do peso corporal (KRAUSE & MAHAN, 1985). Encontram-se ainda, no organismo, elementos que aparentemente não desempenham qualquer papel e que, eventualmente, podem estar presentes devido à contaminação através do meio ambiente (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982). Na TAB. 2, os elementos apresentados são classificados quanto à sua essencialidade para o ser humano.

Ao contrário dos macronutrientes, que são mais abundantes no corpo e sempre se prestam a um papel estrutural, os micronutrientes, geralmente, possuem um papel regulador, que é acompanhado de grande diversidade de mecanismos bioquímicos. De forma característica, os elementos minerais são absorvidos no trato gastrintestinal e excretados na urina, fezes e suor. Os processos são regulados por mecanismos homeostáticos. Assim, sob condições normais, deve-se evitar sobrecarga e/ou toxicidade causada pela ingestão excessiva (ALFIN - SLATER & MIRENDA, 1980; DREOSTI, 1980).

2.6.2 Macronutrientes

Os macronutrientes compreendem os íons cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, cloreto e enxofre.

A seguir, são apresentadas algumas considerações relativas aos macronutrientes analisados, quais sejam: cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio.

TABELA 2
Elementos na nutrição humana

Elementos essenciais				
Elemento	Porcentagem do peso corporal	Elemento	Porcentagem do peso corporal	
Cálcio	1,5 - 2,2	Cobre	0,00015	
Fósforo	0,8 - 1,2	Iodo	0,00004	
Potássio	0,35	Molibdênio	-	
Enxofre	0,25	Cobalto	-	
Sódio	0,15	Cromo	-	
Cloro	0,15	Flúor	-	
Magnésio	0,05	Silício	-	
Ferro	0,004	Vanádio	-	
Zinco	0,002	Níquel	-	
Selênio	0,0003	Estanho	-	
Manganês	0,0002			

Elementos ainda não estabelecidos como essenciais, mas que, segundo evidências, participam em certas reações biológicas				
Bário	Arsênio	Bromo	Estrôncio	Cádmio
Elementos presentes no corpo humano, mas cuja função ainda não está determinada				
Ouro	Alumínio	Bismuto	Chumbo	Boro
Prata	Mercúrio	Gálio	Antimônio	Lítio

FONTE - DUTRA DE OLIVEIRA et al. (1982).

2.6.2.1 Cálcio

Conforme citado por ANDERSON et al. (1988), o cálcio representa, em quantidade, 1,5 a 2% do peso total do corpo humano; 99% de todo o cálcio encontram-se nos ossos e dentes, na forma de fosfato de cálcio, constituindo-se a maior parte de sua estrutura dura (TAB. 30, ANEXO B, p. 103). O restante desempenha funções muito importantes e essenciais no organismo, como: coagulação do sangue; contractilidade da musculatura

em geral; funcionamento do miocárdio; sensibilidade neuro-muscular; manutenção da integridade de substâncias intercelulares e de membranas e ativador de enzimas.

○ leite e derivados são as melhores fontes de cálcio na alimentação, sendo, também, boas fontes as sardinhas, os mariscos e os vegetais verde-escuros (VANNUCCHI et al., 1990). Entretanto, nestes últimos, deve-se levar em consideração a presença de fatores antifisiológicos, como oxalatos e fitatos (hexafosfato de mio-inositol). Nos grãos de cereais e leguminosas, os teores de oxalato são muito baixos, mas os de fitato podem variar bastante, tendo em vista que esta substância se acumula no pericarpo (farelo) e no germe (FASSETT, 1973; OBERLEAS, 1973). A biodisponibilidade do cálcio em um alimento, em função do seu teor em fitato, pode ser avaliada, em humanos, pela razão molar [fitato] [cálcio], em que ingestões diárias que resultam em valores superiores a 0,2, representariam risco de deficiência em cálcio (MORRIS & ELLIS, 1985).

2.6.2.2 Fósforo

De acordo com ANDERSON et al. (1988), o corpo humano adulto contém aproximadamente 1% de fósforo (P); cerca de 80% são encontrados sob a forma de fósforo inorgânico (fosfato de cálcio), como componentes de ossos e dentes (TAB. 30, ANEXO B, p. 103). Uma proporção relativamente grande de fósforo fora do osso é encontrada nos tecidos moles e fluidos, e o fósforo restante está ligado às proteínas, constituindo, dessa maneira, os seus compostos orgânicos. Portanto, o fósforo é um componente necessário a todas as células do organismo. Faz parte do ácido desoxiribonucléico (DNA) e do ácido ribonucléico (RNA), compostos geneticamente importantes, responsáveis pela reprodução celular e, conseqüentemente, pelas sínteses protéicas. O fósforo faz parte do trifosfato de adenosina (ATP) e do difosfato de adenosina (ADP), que são os sistemas de transporte de energia nas células, sendo também um componente dos fosfolipídios, que estão envolvidos no transporte das gorduras e dos ácidos graxos.

Segundo DUTRA DE OLIVEIRA et al. (1982), as recomendações de fósforo, em miligrama/dia (exceto para os lactentes), são as mesmas do cálcio (TAB. 31, ANEXO B, p. 104). Mais exatamente, uma variação ampla na proporção cálcio:fósforo na dieta é tolerada, desde que a quantidade de vitamina D fornecida seja adequada. Dietas adequadas quanto ao teor de cálcio, com toda a probabilidade, serão suficientes para

satisfazer a necessidade de fósforo. Ao considerar a porção de fósforo para o lactente, o leite humano é considerado ideal, sendo sua proporção de cálcio: fósforo de 2:1.

2.6.2.3 Magnésio

O corpo humano adulto, normalmente, contém de 20 a 28g de magnésio, o esqueleto concorrendo com 10 a 17g, os tecidos moles com 10g ou menos e o fluido extracelular com mais ou menos 0,5g (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982).

Segundo ANDERSON et al. (1988), o magnésio desempenha um papel vital em praticamente todas as grandes vias metabólicas do organismo. Funciona como um ativador de enzimas (são conhecidas cerca de 300) envolvidas na hidrólise e transferência dos grupos fosfato do ATP e de outros compostos contendo ligações fosfato de alta energia. Por este motivo, é indispensável na formação e na utilização do ATP e, conseqüentemente, na liberação da energia alimentar e na síntese de novos tecidos e de outras substâncias essenciais exigidas pelo organismo. A utilização e a reserva de glicídios, lipídios e proteínas do organismo envolvem muitas reações que são magnésio-dependentes. Por exemplo, a conversão da glicose em glicose-6-PO₄ é o primeiro passo, tanto para a liberação da energia pela glicose como para sua armazenagem sob a forma de glicogênio.

Na síntese do DNA e do RNA, a dependência do magnésio proporciona outro exemplo de sua significação biológica. Este elemento é também um ativador da fosfatase alcalina, uma enzima envolvida no metabolismo do cálcio e do fósforo. Além das suas funções metabólicas, o magnésio está envolvido na ligação do RNA aos ribossomas para a síntese das proteínas, na manutenção da integridade estrutural das membranas celulares e das macromoléculas (tais como o DNA e o RNA) e na transmissão e na atividade neuromusculares.

O magnésio encontra-se amplamente distribuído nas plantas. A carne e as vísceras são fontes ricas deste elemento. O leite é uma fonte relativamente pobre. Em uma dieta mista, contendo quantidade elevada de produtos de origem animal, o magnésio parece estar disponível em 30 a 40% (PASSMORE et al., 1986).

2.6.2.4 Sódio

O sódio é, quantitativamente, o principal íon encontrado nos fluidos extracelulares, tendo função importante na regulação da osmolaridade (pressão osmótica), do pH e do equilíbrio eletrostático (SGARBIERI, 1987). O sódio é ainda indispensável para os fenômenos de transporte ativo de substâncias através de membranas biológicas, como, por exemplo, na absorção de nutrientes dos alimentos, troca de nutrientes e metabólitos entre exterior e interior das células, bem como nos fenômenos de irritabilidade dos nervos e condução do impulso nervoso ao longo dos axônios. Nos ossos, o sódio é encontrado, principalmente, na superfície, perfazendo 30 a 45% do sódio total do organismo. O sódio dos ossos funciona como uma reserva facilmente mobilizável (disponível), nos casos em que o organismo o necessite.

Um miliequivalente (mEq) de sódio corresponde a 23mg. De acordo com ANDERSON et al. (1988), um homem adulto (70kg) tem 2700 a 3000mEq de sódio em seu corpo. Sua concentração no fluido extracelular é de 136 a 145mEq por litro e de aproximadamente 10mEq por litro dentro das células do corpo. Os ossos contêm 800 a 1000mEq de sódio, dos quais metade está disponível, quando necessário, para o fluido extracelular. O teor total de sódio no organismo, especialmente na concentração do fluido extracelular, está sob controle homeostático. Um regulador importante da homeostase do sódio é o hormônio aldosterona, que é secretado pelas glândulas supra-renais e que influencia a reabsorção de sódio pelos rins.

Segundo VANNUCCHI et al. (1990), a maioria dos alimentos processados contém quantidades altas de sódio e, por isso, seu uso deve ser observado. Quando não é possível escolher, dentre tais alimentos, aqueles que contêm teor menor de sódio, o procedimento é diminuir a sua ingestão. É importante considerar que muitos aditivos usados em alimentos são sais de sódio e, portanto, aumentam o teor deste elemento na dieta, por exemplo, o glutamato. O problema é de especial importância no caso de alimentos para lactentes e crianças, uma vez que, além dos problemas que podem provocar, contribuem para criar o hábito de ingerir alimentos muito salgados. Estes autores recomendam, para adultos, limitar a ingestão diária total de sal (NaCl) a 6g ou menos. Isto requer menos sal ao cozinhar os alimentos e abandonar o hábito de adicionar sal aos alimentos na mesa. Em condições de sudorese profusa, a ingestão de sal pode ser maior, mas sem exceder 10g/dia.

2.6.2.5 Potássio

O potássio, em contraposição ao sódio, é encontrado principalmente no fluido intracelular, onde tem uma participação importante no metabolismo energético e na síntese do glicogênio e de proteínas (ANDERSON et al., 1988). Os íons potássio mantêm o equilíbrio com os íons sódio no fluido extracelular. Contudo, uma pequena quantidade de potássio no fluido extracelular é necessária para a atividade muscular normal, especialmente para o coração.

Um mEq de potássio corresponde a 39mg. Os mesmos autores citam que o corpo de um homem adulto médio contém cerca de 3200mEq; 125mEq por litro nas células e 3,5 a 5,0mEq por litro no plasma e, como no caso do sódio, a manutenção do equilíbrio de potássio depende dos rins.

Ainda segundo ANDERSON et al. (1988), devido à possibilidade de que uma alta relação sódio-potássio seja prejudicial a indivíduos suscetíveis à hipertensão e devido à influência da ingestão de sódio sobre a excreção de potássio, o Food and Nutrition Board (FNB) concluiu que uma ingestão média de potássio em uma relação 1:1 (em base equivalente) para com o sódio é segura e adequada para todos os grupos etários, exceto para recém-nascidos. Em recém-nascidos, tem-se sugerido uma ingestão maior de potássio em relação ao sódio, tal como a relação presente no leite humano. Ainda que a deficiência de potássio seja rara em pessoas saudáveis, medicamentos, tais como certos diuréticos e hormônios do córtex supra-renal, podem causar depleção de potássio, se o mesmo não for repostado pela dieta. Tal como o sódio, a perda de potássio pode também ser aumentada devido a vômitos e diarreia. Aumentando a ingestão de potássio e diminuindo a de sódio, pode-se manter o equilíbrio de potássio, quando sua perda for alta.

Alimentos ricos em potássio e pobres em sódio incluem frutas, sucos de frutas e vegetais (ANDERSON et al., 1988). Especificamente, é encontrado em abacates, bananas, figos, passas, batatas, inhames, alhos, levedo de cerveja, nozes e farelo de trigo (BALCH & BALCH, 1990).

2.6.3 Micronutrientes

Os micronutrientes são também denominados oligoelementos ou elementos traços essenciais, estando indicados na TAB. 3 em ordem cronológica de sua identificação como essenciais (DREOSTI, 1980).

TABELA 3
Elementos traços e datas de identificação como essenciais

Elemento	Símbolo	Data de identificação
Ferro	Fe	Séc. XVII
Iodo	I	1850
Cobre	Cu	1928
Manganês	Mn	1931
Zinco	Zn	1934
Cobalto	Co	1935
Molibdênio	Mo	1953
Selênio	Se	1957
Cromo	Cr	1959
Estanho	Sn	1970
Vanádio	V	1971
Silício	Si	1972
Flúor	F	1972
Níquel	Ni	1973

FONTE - DREOSTI (1980).

Estes elementos são potencialmente tóxicos, mas há grande dificuldade em determinar quais os limites entre os requisitos dietários e as respectivas toxicidades, uma vez que ambos são da ordem de micrograma. Para o homem, as necessidades parecem ser aquelas estabelecidas para os animais experimentais, mas somente nove dos 14 microelementos, ou seja, ferro, iodo, cobre, manganês, zinco, molibdênio, selênio, cromo e flúor, têm seus valores tabelados pelo National Research Council (NRC, 1989) (TAB. 32, ANEXO C, p. 105).

As funções dos microelementos, tanto como metaloenzimas, cofatores e ativadores/inibidores de enzimas quanto como componentes de macromoléculas biologicamente ativas (iodo nos hormônios da tireóide, ferro na hemoglobina, cromo no fator de tolerância à glicose), podem ser relacionadas com vários sinais de deficiência (TAB. 33, ANEXO C, p. 106). A transição da função fisiológica para os efeitos farmacológicos e tóxicos depende da quantidade ingerida do elemento e da eficiência do controle homeostático do mesmo no organismo.

Foram analisados os seguintes micronutrientes: ferro, cobre, manganês, zinco e silício, dos quais seguem-se algumas considerações.

2.6.3.1 Ferro

○ corpo adulto do homem contém cerca de 60mg/kg e o da mulher 50mg/kg de ferro, distribuídos em duas frações: a maior porção presente na hemoglobina, mioglobina e enzimas oxidativas, e a menor constituindo a reserva mobilizável, encontrada principalmente no fígado, medula óssea e baço (PASSMORE et al., 1986).

○ ferro é um nutriente essencial para todo o organismo vivo, participando de numerosas reações de oxidação-redução, pois tem a propriedade de doar e receber elétrons de forma reversível. O ferro participa de processos vitais: no transporte de oxigênio do pulmão aos tecidos, na reserva muscular de oxigênio, nos sistemas que intervêm no metabolismo energético, nas sínteses de proteínas dos ácidos nucleicos e das mitoses celulares (SZARFARC et al., 1995).

○ ferro do organismo provém de três fontes: o reutilizado da degradação da hemoglobina, o liberado dos depósitos do corpo e o absorvido no trato gastrointestinal (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982). A regulação da absorção, em níveis de 5 a 10%, tem grande importância, uma vez que o corpo tende a conservar seu depósito de ferro, reciclando-o em vez de eliminá-lo. A homeostase do ferro é mantida, principalmente, pelo ajuste da quantidade de ferro que é absorvida, conforme as necessidades do organismo. Sua absorção é aumentada pelo ácido ascórbico e pela acidez gástrica, sendo mais facilmente absorvido na forma reduzida ferrosa. Além disso, os sistemas metabólicos ferro-dependentes estão condicionados à interconversão de ferro nos estados ferroso e férrico (ALFIN - SLATER & MIRENDA, 1980).

A deficiência de ferro surge quando a necessidade do corpo excede o seu suprimento.

Os três compartimentos, nos quais o ferro encontra-se distribuído, ou seja, estoque, transporte e ferro hemoglobínico, são afetados, seqüencialmente, pelo aumento do déficit de ferro corpóreo. Na primeira fase, ocorre a mobilização nos estoques de ferro (depleção de ferro), seguida pelo déficit no transporte (deficiência de ferro) e, finalmente, pela redução dos níveis de hemoglobina (anemia ferropriva) (CHAUD. & FREITAS, 1994; SZARFARC et al., 1995).

A deficiência de ferro, mesmo na forma moderada, representa um considerável dano à saúde, estando associada a prejuízos na capacidade produtiva dos indivíduos, no desenvolvimento cognitivo e na imunocompetência. Os grupos particularmente vulneráveis são crianças, adolescentes e gestantes, devido ao aumento das necessidades desse elemento imposto pela rápida expansão da massa celular vermelha e pelo crescimento acentuado dos tecidos (SZARFARC et al., 1995).

As principais causas das anemias ferroprivas são o consumo insuficiente de alimentos fontes de ferro e a baixa biodisponibilidade do nutriente, que guardam entre si relação sinérgica (CHAUD & FREITAS, 1994). Assim, a absorção de ferro pelo organismo depende não só das reservas corporais como da forma e quantidade de ferro dos alimentos e da combinação desses em cada refeição (SZARFARC et al., 1995).

Existem dois tipos de ferro na dieta: o heme e o não-heme, os quais comportam-se de forma bastante distinta, em termos de absorção. O ferro heme, constituinte da hemoglobina e da mioglobina e presente exclusivamente nas carnes, é absorvido de forma eficiente. Dependendo dos estoques orgânicos, 15 a 35% do ferro heme da dieta são absorvidos (MONSEN et al., 1978). Em contrapartida, o ferro não-heme, a forma do ferro presente em vegetais e nos alimentos básicos do homem, tais como trigo, arroz e milho (todos ingredientes do *Pão Forte/FSDT*), tem o potencial de absorção determinado pelas reservas corporais e pelos componentes da refeição onde está inserido, podendo ser, inclusive, inferior a 5% (BRUNE et al., 1992; VANNUCCHI et al., 1992).

Além do tipo de ferro ingerido, a absorção é determinada por fatores estimuladores, que mantêm o íon sob a forma reduzida, solúvel, e por inibidores, que se ligam ao ferro, tornando-o insolúvel, impedindo sua absorção (SZARFARC et al., 1995). As carnes (boi, peixes, aves, porco, vísceras) potencializam a absorção (COOK & MONSEN, 1976), assim como a presença de alimentos ricos em ácido ascórbico - caju, laranja, goiaba, limão (BJÖRN-RASMUSSEN & HALLBERG, 1974). Dentre os inibidores da absorção,

estão os polifenóis, fitatos, fosfatos e oxalatos. Os polifenóis são metabólitos secundários de origem vegetal, ricos em grupos hidroxifenólicos, que formam complexos insolúveis com o ferro. Polifenóis de alto peso molecular, os taninos, presentes no chá e no café, são os maiores inibidores da absorção de ferro dos alimentos (STEKEL et al., 1983). Os fosfatos, ligados ou não a proteínas, formam complexos insolúveis com ferro e são os principais responsáveis pela baixa biodisponibilidade do nutriente nos ovos, leite e derivados. Os fitatos, presentes em muitos cereais (milho, arroz, trigo) e leguminosas (feijão e soja), podem inibir a absorção do ferro não-heme da dieta, pela formação de complexos insolúveis de fitato di- e tetraférrico (HARLAND & OBERLEAS, 1987; NOLAN et al., 1987), embora estes complexos se dissociem no duodeno (efeito do pH) com formação do hidróxido férrico, que não é absorvido. Além disso, no estômago, o fitato reduz a complexação do ferro com a gastroferrina (OBERLEAS, 1973).

Dependendo da presença dessas substâncias estimuladoras ou inibidoras em cada refeição, a absorção do ferro pode variar entre 2 a 35% (MONSEN et al., 1978). Entre a população brasileira, a fonte mais importante de ferro, pelo seu elevado consumo na dieta, é o feijão (32%), seguido das carnes (20%) e do arroz (15%). Esse tipo de distribuição do ferro, nas dietas habituais do brasileiro, permite estimar que o potencial de absorção desse elemento é da ordem de 7% (VANNUCCHI et al., 1992).

2.6.3.2 Cobre

A primeira função importante reconhecida para o cobre foi a sua associação com o ferro na síntese da hemoglobina, oxidando o ferro ferroso a férrico, e na eritropoese (SGARBIERI, 1987). O cobre é também componente de proteínas e enzimas associadas à oxidação celular e a outras reações metabólicas, o que o torna indispensável aos processos vitais da maior parte dos animais, onde funciona como catalisador de reações (DREOSTI, 1980).

O teor de cobre no corpo humano adulto varia entre 70 e 80mg, dos quais cerca de um terço é encontrado no fígado e no cérebro, e o restante, em ordem decrescente de concentração, no coração, nos rins, pâncreas, baço, pulmões, ossos e tecidos dos músculos esqueléticos (ANDERSON et al., 1988).

Nos adultos normais, cerca de 40% do cobre ingerido são absorvidos no intestino. O sistema biliar é a principal via de eliminação do cobre (menos de 5% do cobre ingerido

ficam retidos). Após absorção no sangue, o cobre, em combinação fraca com a albumina do soro, é rapidamente transportado para o fígado, medula óssea e outros órgãos, onde uma parte é armazenada e outra incorporada nas cuproproteínas. O fígado é o órgão principal para o depósito de cobre, e a ceruloplasmina, também conhecida como ferroxidase I, é sintetizada no fígado (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982).

Embora seja rara a deficiência de cobre no homem, tem sido observada hipocupremia na desnutrição protéico-energética (ANDERSON et al., 1988). Segundo os autores, no Peru, este quadro era acompanhado de anemia, neutropenia e afecções ósseas entre crianças desnutridas, e alguns destes sintomas têm sido observados em prematuros alimentados exclusivamente, durante dois a três meses, com leite de vaca modificado e em lactentes após alimentação parenteral prolongada.

O cobre está distribuído com fartura nos alimentos. As ostras são fontes muito ricas, assim como as nozes, castanhas, fígado bovino, alguns crustáceos e passas. As leguminosas secas apresentam um teor relativamente elevado de cobre (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982).

2.6.3.3 Manganês

O manganês foi reconhecido como elemento essencial para ratos, pintos, camundongos, coelhos e cobaias. Presume-se ser essencial para o ser humano. Foi demonstrado seu envolvimento na estrutura do osso, na reprodução e na atividade do sistema nervoso. Participa em reações enzimáticas, sendo componente da molécula de várias metaloproteínas, como, por exemplo, a enzima piruvatocarboxilase, envolvida na síntese de carboidratos. Outras enzimas, que não o contêm na molécula, são ativadas pelo manganês como um cofator. O manganês está ainda envolvido no metabolismo de aminas biogênicas, na fosforilação oxidativa, na incorporação de acetatos aos ácidos graxos e na conversão de ácido mevalônico em esqualeno, na síntese de colesterol (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982; SGARBIERI, 1987).

O manganês está amplamente distribuído em todos os tecidos e fluidos do corpo em concentrações que são constantes e altamente características de cada órgão, sendo os valores semelhantes entre os mamíferos. O osso parece ser o local de mais elevada concentração, sendo ricos também os tecidos glandulares, enquanto o fígado tem sido considerado um possível local de depósito. Os pulmões, sangue e tecidos formadores de

sangue apresentam baixo teor. Estima-se que o corpo humano de um adulto contém de 12 a 20mg de manganês (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982).

O manganês é absorvido no intestino delgado, e sua eliminação se faz pelas fezes (maior parte) e pela urina. A regulação homeostática da concentração de manganês no tecido animal é feita através da excreção e não pela regulação da ingestão. O manganês é excretado através do intestino via bile, e isto constitui o principal mecanismo regulador de sua concentração no organismo. Estudos de balanço metabólico em humanos indicam que ingestões entre 0,035 e 0,070mg/kg de peso por dia permitem o equilíbrio de manganês no organismo (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982; SGARBIERI, 1987)

Ainda não foi verificada a existência de deficiência de manganês no homem. As manifestações de sua falta nos animais são variáveis, sendo mais comuns o encurtamento e a rarefação do osso, com enfraquecimento do mesmo, e um teor reduzido de cinzas (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982).

Os grãos integrais, as leguminosas, o chá e o cravo-da-índia são excelentes fontes de manganês. As frutas e os legumes são fontes regulares, na dependência do teor no solo. As amoras parecem ser as mais ricas fontes desse grupo. A carne, o peixe e os laticínios são pobres em manganês (ANDERSON et al., 1988).

2.6.3.4 Zinco

O zinco é um elemento essencial para o organismo, participando do metabolismo de lípidos, carboidratos, proteínas e ácidos nucléicos, pelo menos de duas maneiras diferentes: como componente essencial de certas enzimas ou ligando-se a certas proteínas não enzimáticas, influenciando a sua configuração estrutural (SGARBIERI, 1987). É responsável pela sensação de sabor e olfato; desempenha papel na defesa imunológica; auxilia no transporte da vitamina A e no metabolismo da insulina, além de facilitar a cicatrização de feridas (LONG, 1982; FAINTUCH, 1986; CARMO, 1992).

Estima-se haver, no corpo adulto, de 1,4 a 2,3g de zinco. Concentrações relativamente elevadas são encontradas nos ossos, dentes (150 a 250ppm) e na pele (151ppm). Estima-se que 20% do zinco do corpo estejam na pele. O cabelo também apresenta uma concentração elevada, contendo, em média, 173ppm. No sangue, cerca de um terço da quantidade total está fracamente associado à albumina, e o restante firmemente ligado à

globulina. Cerca de 75 a 88% do zinco total do sangue humano estão nos eritrócitos, de 12 a 22% no plasma e 3% nos leucócitos (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982).

A absorção do zinco ingerido, que ocorre em uma percentagem muito pequena, é difícil de ser determinada, pois a principal via de eliminação é o intestino, de tal modo que há absorção simultânea no sangue e eliminação do zinco endógeno pelo intestino, principalmente por meio do suco pancreático.

As principais manifestações clínicas de deficiência de zinco são: anemia severa, hepatosplenomegalia (aumento do fígado e baço), estatura baixa, testículos infantis, epífise aberta (a cartilagem separando a epífise da porção principal do osso, as características da infância persistem), unhas deformadas (depressão da parte central da unha, com elevação das bordas) e pele áspera com hiperpigmentação.

Nos alimentos de origem vegetal, a disponibilidade de zinco é menor que nos de origem animal. O fitato prejudica a disponibilidade de zinco pela formação de complexos insolúveis (inassimiláveis) de fitato de zinco (OBERLEAS & HARLAND, 1981). Na TAB. 4, são listados os teores de fitato e zinco de alguns alimentos.

TABELA 4
Teores de fitato e zinco de alguns alimentos

Alimento	Fitato Zinco		Alimento	Fitato Zinco	
	(mg/100g)			(mg/100g)	
Amendoim torrado	175,2	3,0	Milho em grão	890,0	-
Arroz branco cru	2538,5	2,5	Pão branco	68,7	0,6
Farinha de trigo branca	281,6	0,7	Soja	1400,0	-
Farinha de trigo integral	844,8	2,4	Café (1 xícara)	10,0	-

FONTE - OBERLEAS & HARLAND (1981).

O elevado conteúdo de fibras dos cereais pode levar também à formação de complexos entre o zinco e as fibras indigeríveis. Outros fatores, como verminoses, esquistossomose e geofagia, podem agravar ou mesmo ocasionar os sintomas de deficiência de zinco em populações humanas. Alguns estados patológicos, como alcoolismo, cirroses, doenças renais crônicas, doenças infecciosas e inflamatórias, anemias hemolíticas e a síndrome

de mal absorção, podem levar também a um estado de deficiência de zinco (SGARBIERI, 1987).

As fontes mais importantes de zinco são os produtos de origem animal. Os alimentos do mar (especialmente as ostras), a carne, o fígado bovino, os ovos e o leite são boas fontes e contribuem com cerca de 60% do total da ingestão. As leguminosas e os cereais integrais, como o pão de trigo integral, o pão de centeio, a farinha de aveia e o milho integral, também fornecem zinco para a dieta, cerca de 20% do total (ANDERSON et al., 1988). No entanto, os cereais perdem quantidades apreciáveis do elemento durante a moagem. Além disto, a presença de fitato compromete a sua biodisponibilidade, que pode ser determinada pela razão molar [fitato]/[zinco] ou, melhor ainda, pela razão molar [fitato]/[cálcio]/[zinco] - devido à interação entre estes dois elementos (OBERLEAS & HARLAND, 1981; PASSMORE et al., 1986; HARLAND & OBERLEAS, 1987). De acordo com BINDRA et. al. (1985), o valor desta razão não deve ser superior a 0,2.

No Brasil, poucos estudos populacionais sobre o estado nutricional relativo ao zinco têm sido publicados e os existentes mostram baixas concentrações no cabelo ou plasma, de uma fração significativa de indivíduos estudados, principalmente crianças. Apenas um estudo mostrou diminuição dos níveis de zinco no leite materno, a partir do terceiro mês de lactação. Os dados existentes parecem apontar para a possibilidade de haver ingestão insuficiente, especialmente em famílias de baixa renda, porém sem repercussão evidente sobre o desenvolvimento pondero-estatural (VANNUCCHI et al., 1990).

2.6.3.5 Silício

O fato de que o silício seja um elemento essencial data de 1972, quando se verificou que os animais com deficiência de silício apresentavam crescimento retardado, atrofia parcial de todos os órgãos, má-formação ou deformidade dos ossos, além de alterações na estrutura da pele, dos ligamentos e dos tecidos conjuntivos, em geral. Verificou-se que o silício se concentra na pele e nos osteoblastos (células ativas na formação da matriz dos ossos), o que levou à suposição de que o silício é importante, principalmente, nas primeiras fases de desenvolvimento dos ossos (SGARBIERI, 1987).

Dentre os tecidos humanos, a epiderme e o cabelo contêm quantidades elevadas de silício. O elemento se acumula na calosidade da pele e na epicutíla do cabelo (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982).

O metabolismo do silício ainda não foi elucidado. Contudo, levando-se em conta os sintomas causados pela sua deficiência, pela sua localização nos osteoblastos, na pele e nos tecidos conjuntivos em geral, e pela sua presença como elemento estrutural dos mucopolissacarídeos e nos complexos mucopolissacarídeos-proteína, acredita-se que esse elemento seja indispensável no processo de formação da matriz orgânica dos ossos e no cimento dos tecidos conjuntivos. Devido a esta função estrutural importante, a deficiência desse elemento pode causar também atraso e anomalias no desenvolvimento do embrião, dificuldade de cicatrização de tecidos, além de propiciar certas condições degenerativas como aterosclerose, artrite óssea, assim como o próprio processo de envelhecimento dos tecidos e dos órgãos. Notou-se que o conteúdo de silício da aorta, da pele e do timo cai significativamente com a idade, em contraste com outros tecidos que demonstram pouca ou nenhuma mudança. O conteúdo de silício decresce também nas paredes das artérias em função da idade e com o desenvolvimento de aterosclerose (SGARBIERI, 1987).

As melhores fontes de silício são os grãos integrais com elevado teor de fibras, os cereais integrais e os tubérculos. Dentre os alimentos destacam-se: beterraba, soja, pimenta, arroz moreno e leite materno (BALCH & BALCH, 1990; NIELSEN, 1990).

2.6.4 Elementos não essenciais

Como já mencionado, além dos nutrientes, existem no organismo (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982):

- elementos ainda não estabelecidos como essenciais, mas que, segundo evidências, participam em certas reações biológicas - bário, arsênio, bromo, estrôncio e cádmio;
- elementos cuja função ainda não está determinada - ouro, prata, alumínio, mercúrio, bismuto, gálio, chumbo, antimônio, boro e lítio.

Dentre estes elementos, de acordo com DELLA ROSA (1990), merecem destaque:

- o alumínio, pela sua presença bastante comum em alimentos, principalmente pelo fato de constituir matéria-prima de diversos utensílios de cozinha;
- o chumbo, o cádmio, o mercúrio e o arsênio, de fundamental importância toxicológica, tanto do ponto de vista ocupacional quanto ambiental.

O alumínio (Al) e o rubídio (Rb) foram os elementos não essenciais determinados nos produtos analisados.

2.6.4.1 Alumínio

Embora não seja um metal pesado, o alumínio apresenta toxicidade. Pelo fato de ser transportado pela água, pelo ar e pelo solo, pequenas quantidades são encontradas nos alimentos. Além disso, o alumínio é amplamente utilizado na fabricação de utensílios de cozinha, sendo seus sais muito solúveis em água e também facilmente assimilados pelo organismo. Ainda, o alumínio é também muito usado em processamento de alimentos (pickles e temperos, em particular) e em embalagens, principalmente de cervejas enlatadas, e como aditivo na maioria das misturas de pós para assamento (DELLA ROSA, 1990).

Segundo STOEWSAND (1980), a ingestão diária de alumínio é de 36,4mg. GREGER (1985) avaliou o conteúdo do alumínio da dieta americana e propôs uma estimativa média de ingestão de 26,5mg/dia. Para BALCH & BALCH (1990), uma pessoa consome íons alumínio, em média, entre 3 e 10mg/dia.

A toxicidade pelo alumínio pode levar a cólicas, raquitismo, distúrbios gastrointestinais, nervosismo extremo, anemia, diminuição das funções hepática e renal, perda de memória, distúrbios da fala e dores musculares. Muitos sintomas de toxicidade pelo alumínio são similares àqueles do mal de Alzheimer, e as pesquisas têm revelado uma forte correlação entre esta doença e quantidades excessivas de alumínio concentradas no cérebro (CRAPPER et al., 1976; WARD & MASON, 1987; MARTYN et al., 1989; BALCH & BALCH, 1990).

Por causa da associação do alumínio com estes sintomas de toxicidade, tem havido um renovado interesse da pesquisa deste elemento em dietas e produtos alimentícios, mas o conhecimento do conteúdo de alumínio em alimentos é antigo, data de 1879, quando foi publicado um estudo do teor de alumínio em trigos e suas farinhas, procedentes de diversas partes do mundo (ISKANDER et al., 1990).

Estudos conduzidos por GREGER (1985), nos Estados Unidos, registraram os seguintes teores de alumínio:

- 12,8µg/g em farelo de trigo;
- 3,0µg/g em pão branco;
- 5,4µg/g em pão integral.

ISKANDER et al. (1990), em pesquisa realizada no Egito sobre os teores de alumínio nos mais diversos tipos de pães consumidos no país, encontraram níveis muito maiores,

variando entre 10 e 224 μ g/g, resultados em base seca, sendo o teor de umidade compreendido entre 2 e 10%. Para estes níveis tão elevados, ISKANDER et al. (1990) relacionaram os seguintes fatores de influência: localização geográfica; uso de farinha de milho nos pães; uso de adubo orgânico (esterco) como combustível para o cozimento do pão; uso de ingredientes adicionais, tais como ervas; utilização de utensílios de alumínio no preparo dos pães; níveis elevados de alumínio no solo egípcio (algumas variedades de trigo são, particularmente, suscetíveis à toxicidade do alumínio, mas aquelas cultivadas no Egito são bastante tolerantes, apresentando a propriedade de acumular o elemento no endosperma do grão, sem afetar o seu metabolismo).

2.6.4.2 Rubídio

○ rubídio, assim como o lítio e o estrôncio, encontra-se presente em alimentos ao nível de traços ou ultra-traços. De acordo com ANKE & ANGELOW (1995), o rubídio é lixiviado das rochas, sendo absorvido pelas plantas e acumulado nos seus órgãos.

○ interesse no estudo deste elemento, atualmente, vem aumentando de forma considerável, sobretudo devido ao fato de que pesquisas de deficiência de rubídio, realizadas com cabras mostraram o comprometimento do crescimento destes animais. Além disto, um índice de aborto de 88% das cabras foi constatado no referido experimento (ANKE & ANGELOW, 1995).

Até o momento, não são conhecidas funções que demonstrem ser este elemento essencial para o homem. Na realidade, por ser um metal alcalino, encontra-se comumente associado aos alcalinos e alcalino-terrosos que são importantes à nutrição humana, ou seja, sódio, potássio, magnésio e cálcio (EVANS & READ, 1985). O teor de rubídio estabelecido por estes autores para um padrão de referência de farinha de trigo do National Bureau of Standards (NBS) foi de 0,93mg/kg.

2.7 Métodos analíticos

Com o avanço das técnicas analíticas, tornou-se possível, hoje, determinar concentrações muito baixas de elementos e compostos com rapidez, sensibilidade e exatidão.

A espectrofotometria de absorção atômica, a análise por ativação neutrônica e a espectrometria de fluorescência de raios X têm sido os métodos mais utilizados na análise de elementos ao nível de traços (CARMO, 1992).

Os métodos químicos clássicos (gravimetria, volumetria e colorimetria) são amplamente empregados para elementos presentes em maiores concentrações, principalmente pelo fato de que podem ser executados em laboratórios de análises de rotina com aparelhagem bastante simples e de baixo custo.

A seguir, são apresentados os fundamentos das técnicas utilizadas para a determinação dos elementos minerais nos produtos analisados.

2.7.1 Espectrometria de fluorescência de raios X

Na espectrometria de fluorescência de raios X (ERX), a amostra é irradiada com um feixe intenso de raios X de comprimento de onda entre 0,1 e 10,0 Å. Este feixe pode deslocar um elétron das camadas eletrônicas mais internas de um átomo; para substituir o elétron excitado, um outro elétron pode saltar de uma das camadas mais externas e liberar energia na forma de raios X. A radiação secundária ou fluorescente resultante será emitida com comprimentos de onda característicos do átomo em questão, e a intensidade da radiação pode ser usada para se estimar a quantidade do elemento que lhe dá origem, presente na amostra (BASSETT et al., 1981). Assim, a comparação entre a intensidade proveniente de padrões e amostras permite determinar a concentração dos diversos elementos. São utilizados métodos matemáticos para correções devidas às variações na composição da matriz.

O método é rápido e independe da combinação química do elemento no material analisado. Como limitação, pode ser citada a impossibilidade de se determinar elementos mais leves que o sódio. Na análise de traços, podem ocorrer dificuldades na identificação das linhas espectrais dos elementos pesquisados e de outros mais abundantes. Existe, também, a interferência da matriz da amostra (BRETAS, 1988).

2.7.2 Espectrofotometria de absorção atômica

A espectrofotometria de absorção atômica (EAA) pode ser definida, no seu contexto analítico, como um método para a determinação da concentração de um elemento em uma amostra, através da medida da radiação absorvida no vapor atômico produzido pela

amostra, em um comprimento de onda que é característico do elemento considerado (SILVA, 1983). O método convencional consiste na introdução da amostra, em solução, no centro de uma chama, por nebulização. Esta se aquece à incandescência e absorve parte da luz emitida por uma lâmpada, com comprimentos de onda específicos para cada elemento. Existem vários tipos de lâmpadas: lâmpadas de descarga de vapor, lâmpadas de descarga sem eletrodo e lâmpadas de cátodo oco. As últimas são usadas na determinação de aproximadamente 60 elementos e, em geral, são satisfatórias para a maioria dos trabalhos em EAA (BRETAS, 1988). A EAA é um método sensível, rápido, exato e preciso, e sua aplicabilidade tem sido aumentada pelo desenvolvimento de técnicas que permitem a determinação de uma faixa maior de elementos, com uma especificidade que minimiza os erros devidos à presença de outros elementos na amostra.

Constituem variações da EAA: atomização por chama, atomização com geração de vapor e atomização eletrotérmica. Historicamente, a chama é o meio original de produção de vapor atômico para a EAA e constitui o meio mais empregado para a maioria das determinações em que a técnica é utilizada. A EAA, método de chama, é altamente sensível e particularmente ideal para a determinação de traços de impurezas metálicas, as quais requeriam, anteriormente, métodos demorados e tediosos de separação dos diversos elementos presentes (ROUSSELET & THUILLIER, 1979).

As maiores vantagens deste método são:

- sensibilidade e exatidão;
- simplicidade da técnica;
- rapidez nas determinações;
- relativamente pouca manutenção do sistema.

Como desvantagens podem ser citadas:

- contaminação do meio;
- grande quantidade de gases combustíveis e oxidantes necessários;
- sensibilidade limitada para alguns elementos;
- necessidade de colocar a amostra em forma de solução.

2.7.3 Fotometria de chama

A fotometria de chama (FC) é uma técnica analítica que se fundamenta na medida da intensidade da radiação emitida pelo elemento em estudo, quando sua solução é nebulizada em uma chama, sob condições controladas (BASSETT et al., 1981).

A principal distinção entre a FC e outras técnicas de emissão está na fonte de excitação; enquanto outros métodos usam o arco ou centelha, a FC usa uma fonte de menor energia, que é a chama.

Os fotômetros de chama são destinados, em princípio, à análise de sódio e potássio e também para cálcio e lítio, ou seja, elementos que apresentam um espectro de excitação de chama de intensidade suficiente para ser detectado por uma fotocélula.

Pela sua simplicidade, sensibilidade e rapidez, é uma técnica muito utilizada em análises de rotina. Por outro lado, a maior dificuldade na FC é a causada pela interferência de outros íons presentes na solução.

2.7.4 Espectrofotometria de absorção molecular

A análise por espectrofotometria de absorção molecular tem por base a variação da intensidade da cor de um sistema com a mudança de concentração de um de seus componentes; consiste na determinação da concentração de uma substância pela medida da absorção relativa da luz, correspondente à absorção da concentração conhecida da substância. A espectrofotometria trata, principalmente, das seguintes regiões do espectro (BASSETT et al., 1981):

- ultravioleta: 185 a 400nm;
- visível: 400 a 760nm (espectrofotometria no visível - EVIS);
- infravermelho: 760 a 1500nm.

Os métodos espectrofotométricos são, em geral, sensíveis e precisos, mas também demorados, exigindo uma seqüência razoável de operações de laboratório, para desenvolvimento da coloração do meio.

2.7.5 Gravimetria

A gravimetria (GRAV), ou análise quantitativa por peso, é o processo através do qual se isola e pesa um elemento ou composto definido do elemento sob uma forma tão pura

quanto possível. A maior parte das determinações por GRAV está relacionada com a transformação do elemento, ou do radical a ser determinado, em um composto estável e puro, que pode ser prontamente convertido em uma forma adequada à pesagem. O peso do elemento ou radical pode, então, ser facilmente calculado, desde que se conheçam a fórmula do composto e os pesos atômicos dos elementos constituintes (BASSET et al., 1981).

A separação do elemento, ou composto que o contém, pode ser efetuada de diversos modos, dentre os quais destacam-se: métodos de precipitação, métodos de volatilização, métodos eletroanalíticos e métodos de extração. Os métodos de precipitação são os mais importantes no âmbito da GRAV. O constituinte a ser determinar é precipitado por meio da adição de um reagente adequado à sua solução, sob uma forma tão pouco solúvel que esta possa ser considerada completa. A precipitação é seguida de filtração, lavagem, secagem, calcinação e pesagem.

As principais vantagens desta técnica são:

- simplicidade;
- precisão;
- custo baixo;
- permitir a identificação de impurezas do resíduo.

Como desvantagens podem ser citadas:

- técnica demorada;
- baixa sensibilidade;
- requer quantidade apreciável de amostra.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Pão Forte/FSDT

3.1.1.1 Preparo do Pão Forte/FSDT

O Pão Forte/FSDT tem a formulação que está indicada na TAB. 5.

TABELA 5
Formulação do Pão Forte/FSDT

Ingredientes	Quantidades ¹	%
Açúcar cristal	6.000 g	16,95
Quirera de arroz ²	5.000 g	14,12
Amendoim tostado e quebrado	1.500 g	4,24
Farinha de trigo	10.000 g	28,24
Fubá mimoso	3.000 g	8,47
FSDT ³	4.000 g	11,30
Óleo de soja	2.700 mL	7,63
Fermento biológico	100 g	0,28
Sal refinado	100 g	0,28
Água	3000 mL	8,47
Sulfato ferroso pentaidratado	5 g	0,01
Palmitato de retinol (vitamina A)	350.000 UI	-
Vitamina B12	1000 µg	-

1 - Rendimento: 650 a 700 pães (45 a 50g cada).

2 - Posteriormente cozida, sem sal e com o aproveitamento da água.

3 - Posteriormente lavada.

A maneira de preparar o produto compreende as seguintes operações:

- preparar o fermento biológico para sua utilização como para o fabrico de pão comum;
- pré-cozer o arroz até se ter a forma de papa espessa e acrescentar, ainda quente, o açúcar;
- lavar a FSDT por decantação, em água corrente. Repetir a operação (utiliza-se um balde para este processo). Em seguida, forrar um recipiente de plástico perfurado com um saco limpo de algodão (de farinha de trigo), e transferir a massa de FSDT para o mesmo; sob água corrente, mexer com colher de pau; espremer o conteúdo. Lavar desta forma tantas vezes quantas necessárias, até a água sair límpida (4 a 6 vezes);

- d) transferir a massa de FSDT lavada para a mistura do item b;
- e) acrescentar o amendoim tostado, descascado e quebrado;
- f) adicionar o sal, o sulfato ferroso e as vitaminas A e B12 e misturar bem;
- g) acrescentar o óleo de soja e o fermento biológico preparado e misturar bem;
- h) adicionar a farinha de trigo e misturar bem;
- i) acrescentar o fubá e misturar bem. Se precisar, acrescentar um a três copos (250mL cada) de água, de modo a se ter uma consistência de massa maleável, não pegajosa e firme, quanto à manutenção do formato;
- j) tirar porções de massa para montar em tabuleiro, de modo a se ter um produto final assado de cerca de 50g. Usar um copo, cujo conteúdo, dividido em quatro, dá a medida exata para cada pãozinho - cerca de 62g, antes de assar;
- k) deixar crescer por 1 a 2 horas;
- l) assar em forno à temperatura de 220 a 250°C por 15 a 20 minutos.

3.1.1.2 Preparo da amostra para análise

Seis amostras, cada uma de cerca de 8kg (em torno de 160 unidades) do alimento, foram coletadas no período compreendido entre dezembro/93 e julho/94. Os pães, acondicionados em sacos de papel pardo de 1kg, contendo cerca de 20 unidades por pacote, foram adquiridos diretamente da unidade principal de produção, instalada na creche Centro Infantil Mundo Maior, Contagem/MG.

Cada amostragem foi dividida em duas subamostras, as quais foram preparadas como se segue:

- a) uma subamostra, de cerca de 2kg, foi triturada em moinho e passada através de tamis de 35 a 40 mesh, e a amostra pulverizada foi transferida para frasco de vidro âmbar hermeticamente fechado, rotulada e estocada em refrigerador - amostra *in natura*;
- b) a outra subamostra foi pesada, fatiada, transferida para cápsulas de porcelana, levada para estufa ventilada à temperatura controlada de 70°C, permanecendo por 24 horas nestas condições de secagem. A amostra dessecada foi transferida, gradativamente, para uma cápsula de porcelana, que foi levada para uma mufla a 550°C e calcinada até obtenção de cinzas esbranquiçadas, que foram trituradas, quarteadas, pesadas, rotuladas e estocadas em frasco âmbar.

3.1.2 Pão Francês

Em paralelo, foram efetuadas seis amostragens de cerca de 1kg (20 unidades) de Pão Francês, procedentes de padarias das diferentes regiões de Belo Horizonte. A formulação do Pão Francês está indicada na TAB. 6.

TABELA 6
Formulação do Pão Francês

Ingredientes	Quantidades ¹ (g)	%
Farinha de trigo	10.000	60,98
Água	6.000	36,59
Fermento biológico	100	0,61
Sal	200	1,22
Melhorador	100	0,61

1 - Rendimento: 262,4 pães de 50g.
FONTE - PÃO... (s.d.).

O preparo de cada amostragem consistiu em cortar os pães em pequenas fatias, que foram transferidas para bandejas de aço inoxidável, previamente taradas. Após pesagem, as bandejas foram levadas para estufa ventilada à temperatura controlada de 70°C, permanecendo por 6 horas nestas condições de secagem. Após pesagem para correção de umidade, cada amostragem foi dividida em duas subamostras, as quais foram preparadas da maneira descrita nas alíneas a e b do item 3.1.1.2.

3.1.3 Outros

A aparelhagem, a vidraria e os reagentes específicos de cada técnica serão descritos nos respectivos itens.

3.2 Métodos

3.2.1 Seleção das técnicas analíticas

Aliada à importância da pesquisa de elementos minerais em alimentos, a escolha de se desenvolver um estudo da análise química destes teve por base a disponibilidade de técnicas analíticas adequadas.

Em primeiro lugar, foi utilizada a ERX, tendo em vista, fundamentalmente, sua rapidez de resposta analítica. Por meio de uma análise semi-quantitativa por fluorescência de raios X, foi possível determinar os elementos, cujos teores estivessem acima do respectivo limite de detecção. Neste contexto, foi verificada a presença de cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, ferro, cobre, manganês, zinco, silício, alumínio e rubídio. A partir desta prévia, foram selecionadas as outras técnicas, incluindo-se a análise quantitativa por ERX, segundo sua adequação ao elemento, teor e tipo de preparo da amostra. Estes parâmetros estão sumarizados na TAB. 7. As metodologias utilizadas foram desenvolvidas e adaptadas a partir dos procedimentos analíticos aplicáveis a alimentos do CDTN (1993/96).

TABELA 7

Técnicas analíticas, elementos analisados e tipos de preparo utilizados, respectivamente

Técnica analítica ¹	Elemento	Tipo de amostra
ERX	Ca, P, K, Na, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Si, Al, Rb	Cinzas
EAA	Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Al, Rb	<i>In natura</i>
FC	K, Na	Cinzas
EVIS	P	<i>In natura</i>
GRAV	Si	Cinzas

1 - ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; FC: fotometria de chama; EVIS: espectrofotometria no visível; GRAV: gravimetria.

3.2.2 Precauções analíticas

Para controle de contaminação ambiental, foram tomados os seguintes cuidados:

- a) a água utilizada foi a do tipo deionizada em colunas de leito misto;
- b) toda a vidraria usada foi previamente lavada com detergente do tipo Extran, com solução de ácido nítrico a 10% quente e com água deionizada;
- c) todos os ácidos usados nas preparações das amostras e dos padrões foram da marca Merck, grau analítico;
- d) foram feitas, no mínimo, duplicatas de cada amostra, com a finalidade de detectar valores discrepantes, devido a algum erro, contaminações ou possíveis perdas durante o procedimento de solubilização das amostras;
- e) para cada amostra, foram preparados dois brancos de reagentes, a fim de se controlar as possíveis contaminações provenientes dos reagentes, das soluções, dos recipientes e do ambiente.

Para controle da operação de pesagem, antes desta ser efetuada, a aferição da balança analítica foi verificada, pelo uso de um conjunto de pesos padrões certificados, marca Sartorius-Werke.

3.2.3 Dissolução das amostras

Com exceção da ERX, as demais técnicas utilizadas exigiram a colocação das amostras em solução.

Para as análises por EAA e EVIS, optou-se por utilizar a amostra *in natura* e eliminação da matéria orgânica por via úmida, com base na experiência analítica do pessoal do laboratório de EAA e nos trabalhos de DORO (1988). Fundamentalmente, foram levados em consideração os seguintes aspectos:

- prevenção de possíveis perdas por volatilização durante a calcinação para obtenção das cinzas;
- menor tempo de dissolução da amostra *in natura*;
- maior facilidade de solubilização da amostra *in natura*.

Conseqüentemente, as amostras ficaram menos vulneráveis às influências de contaminação pelo ambiente.

As cinzas foram utilizadas para a análise por FC, já que sódio e potássio são elementos bastante fixos. Foi aplicado um método geral para solubilização de minérios (DOLEŽAL et al., 1968).

Para a GRAV, também as cinzas foram utilizadas, já que os teores de silício eram relativamente baixos e a técnica pouco sensível. A dissolução foi efetuada, usando-se o método clássico da fusão alcalina (JOHNSON & MAXWELL, 1981).

3.2.4 Espectrometria de fluorescência de raios X

3.2.4.1 Aparelhagem

- a) Balança analítica, sensibilidade de 0,0001g;
- b) forno de indução, Rigaku, modelo 3486-M2;
- c) espectrômetro de raios X, Rigaku Denki, modelo 3134, provido de tubo de anódio de cromo.

3.2.4.2 Material e reagentes

- a) Cápsulas de platina-ouro (95:5) com 35mm de diâmetro;
- b) porta-amostras de aço com 45mm de diâmetro e 3mm de espessura;
- c) tetraborato de lítio;
- d) mistura de óxidos espectrograficamente puros, marca Johnson Mathey, preparada a partir da pesagem de quantidades convenientes, próximas às concentrações estimadas para cada elemento na análise prévia, e posterior fusão com tetraborato de lítio, em condições idênticas às da amostra.

3.2.4.3 Procedimento

- a) Pesar, em duplicata, 1,0000g das cinzas e 4,0000g de tetraborato de lítio;
- b) homogeneizar e transferir a mistura para a cápsula de Pt-Au;
- c) levar ao forno de indução e fundir a 1100°C durante 3 minutos;
- d) esperar esfriar e transferir a pastilha para o porta-amostra;
- e) levar ao espectrômetro e expor ao feixe de raios X, tanto a amostra quanto o padrão, a uma potência de 50KV x 20mA, ajustando o tempo de contagem em 100 segundos;

- f) registrar as leituras de intensidade de radiação de cada elemento, tanto da mistura de padrões quanto da amostra, segundo as condições apresentadas na TAB. 8.

TABELA 8

Condições operacionais da análise por espectrometria de fluorescência de raios X

Elemento	Curva de calibração (mg/g)	Linha analítica	Pico 2 θ (Bragg)	Cristal analisador ¹	Detector ²
Ca	20,0 a 40,0	K α	44,84	EDDT	PC
P	80,0 a 130,0	K α	141,03	Ge	PC
Na	100,0 a 130,0	K α	55,17	RAP	PC
K	50,0 a 150,0	K α	50,23	EDDT	PC
Mg	10,0 a 30,0	K α	136,73	ADP	PC
Fe	5,0 a 10,0	K α	57,52	LiF	SC
Zn	1,0 a 4,0	K α	41,78	LiF	SC
Mn	0,5 a 2,0	K α	62,96	LiF	SC
Cu	0,1 a 1,0	K α	45,03	LiF	SC
Si	5,0 a 10,0	K α	108,10	EDDT	PC
Al	1,0 a 4,0	K α	142,78	EDDT	PC
Rb	0,1 a 1,0	K α	26,61	LiF	SC

1 - EDDT: di-tartarato de etileno diamina; Ge: germânio; RAP: ftalato ácido de rubídio; ADP: di-hidrogênio fosfato de amônio; LiF: fluoreto de lítio.

2 - PC: contador proporcional; SC: contador de cintilação.

3.2.4.4 Cálculos

- Estabelecer a curva de calibração com os valores das intensidades das medidas versus concentração de padrões, usando o método dos mínimos quadrados e determinar o seu coeficiente de correlação, o qual deve ser bem próximo de 1;
- determinar a concentração de cada elemento, interpolando na curva de calibração a respectiva leitura de intensidade de radiação;
- calcular e expressar a concentração de cada elemento em termos de mg/100g do alimento.

3.2.5 Espectrofotometria de absorção atômica

3.2.5.1 Aparelhagem

- a) Balança analítica, sensibilidade de 0,0001g;
- b) chapa elétrica;
- c) espectrofotômetro de absorção atômica, Perkin-Elmer, modelo 5000, provido de dispositivo e regulação automática de fluxo de gases;
- d) impressora, Perkin-Elmer, modelo PRS-10;
- e) fonte de rádio-freqüência, Perkin-Elmer;
- f) lâmpadas de catodo oco e de descarga sem eletrodo (EDL), Perkin-Elmer, dos elementos a serem analisados.

3.2.5.2 Material, reagentes e soluções

- a) Vidraria corrente de laboratório;
- b) acetileno comercial;
- c) óxido nítrico comercial;
- d) ar comprimido seco e isento de óleo;
- e) ácido nítrico concentrado e solução a 1%;
- f) mistura ácida: $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$, na proporção de 7:4:6 - misturar 42mL de HNO_3 , 24mL de HClO_4 e 36mL de H_2SO_4 , homogeneizar e esperar esfriar;
- g) água deionizada;
- h) solução padrão estoque de cada elemento, concentração de 1mg/mL, preparada a partir de solução Titrisol da Merck;
- i) soluções padrões diluídas e mistas, preparadas em meio aquoso, a partir das soluções padrões estoques e em concentrações próximas às dos elementos na amostra.

3.2.5.3 Procedimento

- a) Pesar, em duplicata, cerca de 4,0000g da amostra *in natura*;
- b) transferir para béquer de 150mL e adicionar 15mL de HNO_3 concentrado;
- c) tampar o béquer, levá-lo à chapa a $\pm 120^\circ\text{C}$ e aquecer durante 30 minutos;

- d) destampar, lavar o vidro de relógio e as paredes do béquer com água e deixar evaporar à secura;
- e) retomar com 20mL de mistura ácida, tampar e aquecer até clarificação da solução;
- f) destampar e aquecer até reduzir o volume para aproximadamente 10mL;
- g) retirar da chapa, deixar esfriar e aferir o volume para 50mL, com água;
- h) operar o espectrofotômetro, de acordo com as condições estabelecidas no catálogo (PERKIN-ELMER, 1973) para cada um dos elementos, conforme está indicado na TAB. 9;
- i) calibrar com as soluções padrões diluídas/mistas;
- j) efetuar as leituras de absorvância nos comprimentos de onda especificados para cada elemento;
- k) proceder à leitura das amostras e dos brancos dos reagentes, nas mesmas condições.

TABELA 9

Condições estabelecidas para determinação de Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Al e Rb por espectrofotometria de absorção atômica

Elemento	Curva de calibração (µg/mL)	Comprimento de onda (nm)	Fenda (nm)	Chama
Ca	1,0 a 10,0	422,7	0,7	N ₂ O - C ₂ H ₂
Mg	1,0 a 5,0	285,2	0,7	Ar - C ₂ H ₂
Fe	1,0 a 10,0	248,3	0,2	Ar - C ₂ H ₂
Zn	0,10 a 5,0	213,9	0,7	Ar - C ₂ H ₂
Mn	0,10 a 1,00	279,5	0,2	Ar - C ₂ H ₂
Cu	0,10 a 1,00	324,7	0,7	Ar - C ₂ H ₂
Al	0,5 a 2,0	309,3	0,7	N ₂ O - C ₂ H ₂
Rb	0,05 a 1,00	780,0	1,4	Ar - C ₂ H ₂

3.2.5.4 Cálculos

- a) Estabelecer a curva de calibração com os valores das leituras de absorvância versus concentração de padrões, usando o método dos mínimos quadrados e determinar o seu coeficiente de correlação, o qual deve ser bem próximo de 1;
- b) deduzir da leitura de absorvância da amostra a média das leituras de absorvância correspondentes aos brancos dos reagentes;
- c) determinar a concentração de cada elemento, interpolando na curva de calibração a respectiva leitura de absorvância corrigida;
- d) calcular e expressar a concentração de cada elemento em termos de mg/100g do alimento.

3.2.6 Fotometria de chama

3.2.6.1 Aparelhagem

- a) Balança analítica, sensibilidade de 0,0001g;
- b) chapa elétrica;
- c) fotômetro de chama, Micronal, modelo B260.

3.2.6.2 Material, reagentes e soluções

- a) Béqueres de Teflon providos de tampa, capacidade de 50mL;
- b) vidraria corrente de laboratório;
- c) papel de filtro (filtração média);
- d) gás liquefeito de petróleo;
- e) ar comprimido seco e isento de óleo;
- f) água deionizada;
- g) ácido fluorídrico concentrado;
- h) ácido sulfúrico concentrado;
- i) solução padrão estoque de cada elemento, concentração de 1mg/mL, preparada a partir de solução Titrisol da Merck;
- j) soluções padrões diluídas, preparadas em meio aquoso, a partir das soluções padrões estoques, em uma faixa de concentrações compreendida entre 10 e 100µg/mL, para ambos os elementos.

3.2.6.3 Procedimento

- a) Pesar, em duplicata, cerca de 0,1000g das cinzas;
- b) transferir para béquer de Teflon, adicionar 20mL de HF, 5 a 7 gotas de H₂SO₄ e tampar;
- c) levar à chapa em aquecimento moderado e deixar em digestão até quase à secura;
- d) adicionar 10mL de HF e repetir as condições de aquecimento;
- e) levar ao bico de gás e eliminar o SO₃, tendo o cuidado de não deixar calcinar;
- f) prover o béquer com água até próximo à borda e deixar em digestão, no mínimo, por 2 horas;
- g) transferir quantitativamente a solução para um béquer de 250mL e aquecer até fervura;
- h) filtrar em papel de filtração média, recebendo o filtrado em balão de 500mL, e lavar com água quente;
- i) esfriar, aferir, homogeneizar e levar ao fotômetro de chama para leitura;
- j) ajustar o aparelho, de acordo com o seu manual de instrução (MICRONAL, s.d.);
- k) proceder à leitura dos diversos padrões e da amostra, nos comprimentos de onda de 589nm, para o sódio, e de 672nm, para o potássio, ajustando-se o zero do aparelho com água e o 100 com o padrão mais concentrado;
- l) estabelecer a curva de calibração com as leituras de intensidade de emissão versus concentração do respectivo padrão. Para valores mais baixos, a curva aproxima-se de uma linha reta, que pode não interceptar o zero, devido à intensidade da *linha de fundo*. Para concentrações mais altas, as curvas mostram um decréscimo na inclinação com o aumento da concentração;
- m) verificar, na curva de calibração, a concentração aproximada da amostra e selecionar dois padrões, de maneira que a leitura da amostra fique interpolada entre as leituras destes dois padrões. Para o padrão imediatamente superior à amostra, colocar, se possível, a sensibilidade em 100;
- n) determinar a intensidade do padrão mais baixo e da amostra;
- o) repetir esta operação e registrar os valores obtidos das leituras de intensidade de emissão.

3.2.6.4 Cálculos

a) Calcular a concentração de sódio ou potássio, em $\mu\text{g/mL}$, nas cinzas, como se segue:

$$x = \frac{(c-b)A + (a-c)B}{a-b}$$

em que:

x = $\mu\text{g/mL}$ de sódio ou potássio na solução da amostra;

A = concentração do padrão mais concentrado, em $\mu\text{g/mL}$;

B = concentração do padrão menos concentrado, em $\mu\text{g/mL}$;

c = leitura da amostra;

a = leitura do padrão mais concentrado;

b = leitura do padrão menos concentrado;

b) relacionar esta concentração com a tomada da amostra e expressar o teor de cada elemento em termos de $\text{mg}/100\text{g}$ do alimento.

3.2.7 Espectrofotometria no visível

3.2.7.1 Aparelhagem

- Balança analítica, sensibilidade de 0,01g, para a pesagem dos reagentes;
- balança analítica, sensibilidade de 0,0001g, para as demais pesagens;
- chapa elétrica;
- espectrofotômetro UV-VIS, Varian, modelo 634-S, equipado com células de quartzo de caminho ótico igual a 1cm.

3.2.7.2 Material, reagentes e soluções

- Vidraria comum de laboratório;
- papel de filtro (filtração lenta);
- papel de tornassol;
- água deionizada;

- e) ácido nítrico concentrado, solução a 1% e solução em torno de 4N (1:3) - tomar 25mL de HNO₃ concentrado, adicionar em 75mL de água, agitar e esperar esfriar;
- f) mistura ácida: HNO₃ + HClO₄ + H₂SO₄, na proporção de 7:4:6 - misturar 42mL de HNO₃, 24mL de HClO₄ e 36 mL de H₂SO₄, homogeneizar e esperar esfriar;
- g) nitrato de amônio, solução aquosa a 34%;
- h) reagente molibídico - dissolver 20,25g de molibdato de amônio tetraidratado - (NH₄) Mo₇O₂₄.4H₂O - em uma mistura de 60mL de água e 7,5mL de hidróxido de amônio. Filtrar esta solução para um frasco contendo 57mL de HNO₃ concentrado e 95mL de água. Esta solução ácida, que vai receber o filtrado, deve estar à temperatura ambiente e, ao longo do processo de filtração, deve ser agitada constantemente, para completa dissolução. Se houver formação de pequena turbidez, efetuar uma segunda filtração da solução em papel de filtro de filtração lenta;
- i) solução de lavagem - dissolver 50,00g de nitrato de amônio em 500mL de água e adicionar 25mL de HNO₃ concentrado;
- j) hidróxido de amônio, solução em torno de 6N (1:2) - adicionar 350mL de NH₄OH concentrado em 700mL de água;
- k) solução de vanadato/molibdato de amônio - dissolver 1,00g de vanadato de amônio em 250mL de água quente e esperar esfriar. Dissolver 20,00g de molibdato de amônio em 400mL de água quente e esperar esfriar. Transferir as duas soluções para balão volumétrico de 1 litro, adicionar 140mL de HNO₃ concentrado, aferir e homogeneizar;
- l) solução padrão estoque de fósforo: 1mL = 100μg de P - transferir para um pesa-filtro cerca de 0,5g de fosfato diácido de potássio e secar em estufa controlada a 100°C, até peso constante. Pesar, rapidamente, 0,4395g do reagente dessecado, dissolver em água, diluir para 1 litro em balão volumétrico e homogeneizar.

3.2.7.3 Procedimento

- a) Transferir 50mL de água para um béquer de 100mL, para preparar a solução-referência;
- b) prover uma bureta de 25mL com a solução padrão estoque de fósforo e medir, em béqueres de 100mL, sucessivamente: 1,00 - 1,50 - 3,00 - 6,00 - 12,00 - 15,00 e 20,00mL, obtendo-se, dessa maneira, uma curva de calibração contendo, respectivamente: 0,10 - 0,15 - 0,30 - 0,60 - 1,20 - 1,50 e 2,00mg de fósforo;

- c) acertar o volume de cada solução em 50mL com água;
- d) controlar a acidez de cada solução, usando-se solução de NH_4OH 6N e HNO_3 , em presença de papel de tornassol;
- e) transferir para balão de 100mL, adicionar 25mL da solução de vanadato/molibdato de amônio, aferir, homogeneizar, esperar 12 horas, levar ao espectrofotômetro para leitura e continuar como descrito nas alíneas y e z;
- f) pesar, em duplicata, cerca de 2,0000g da amostra *in natura*;
- g) transferir para béquer de 250mL e adicionar 20mL de HNO_3 ;
- h) tampar o béquer, levá-lo à chapa a $\pm 120^\circ\text{C}$ e aquecer durante 30 minutos;
- i) destampar, lavar o vidro de relógio e as paredes do béquer com água e deixar evaporar à secura;
- j) retomar com 20mL de mistura ácida, tampar e aquecer até clarificação da solução;
- k) destampar e levar à secura;
- l) retomar com 10mL de HNO_3 e levar a seco em chapa branda;
- m) repetir a etapa anterior;
- n) retomar com 50mL de solução de HNO_3 4N e levar à fervura;
- o) esfriar, adicionar 30mL de solução de nitrato de amônio e aquecer até 90°C ;
- p) adicionar 50mL do reagente molíbdico, sob agitação, e manter a temperatura a 70°C durante 15 minutos;
- q) esfriar e deixar em repouso de um dia para outro, para garantir a precipitação total do fosfomolibdato de amônio;
- r) filtrar em papel de filtração lenta e lavar o precipitado com a solução de lavagem;
- s) dissolver o precipitado sobre o filtro com solução de NH_4OH 6N, recebendo a solução no béquer original;
- t) passar a solução obtida novamente pelo filtro, recebendo-a em béquer de 250mL;
- u) lavar o béquer original e o filtro com solução de NH_4OH 6N;
- v) levar à chapa e reduzir o volume para cerca de 50mL, se necessário;
- w) transferir a solução para um balão volumétrico de 100mL, aferir, homogeneizar e pipetar uma alíquota de 10 ou 25mL, para béquer de 100mL;
- x) tratar a alíquota da maneira descrita a partir da alínea c;
- y) operar o espectrofotômetro, de acordo com as condições estabelecidas no catálogo (VARIAN, 1977);

- z) registrar as leituras de absorvância de cada solução em relação à solução-referência no comprimento de onda de 460nm, usando-se células de quartzo de percurso ótico igual a 1cm.

3.2.7.4 Cálculos

- a) Estabelecer a curva de calibração com os valores das leituras de absorvância versus concentração de padrões, usando o método dos mínimos quadrados e determinar o seu coeficiente de correlação, o qual deve ser bem próximo de 1;
- b) deduzir da leitura de absorvância de cada amostra a média das leituras de absorvância correspondentes aos brancos dos reagentes;
- c) determinar a concentração de fósforo, interpolando, na curva de calibração, a leitura de absorvância corrigida;
- d) calcular e expressar a concentração de fósforo em termos de mg/100g do alimento.

3.2.8 Gravimetria

3.2.8.1 Aparelhagem

- a) Balança analítica, sensibilidade de 0,0001g;
- b) chapa elétrica;
- c) forno mufla.

3.2.8.2 Material, reagentes e soluções

- a) Material usual de laboratório;
- b) papel de filtro (filtração lenta);
- c) cadinhos de platina, capacidade de 30mL, providos de tampa;
- d) dessecador com sílica gel impregnada de um agente indicador de umidade;
- e) água deionizada;
- f) carbonato de sódio anidro;
- g) ácido clorídrico concentrado e solução 0,6N (1:20) - tomar 25mL de HCl concentrado, transferir para balão volumétrico de 500mL, aferir e homogeneizar;
- h) ácido sulfúrico, solução 1:1;
- i) ácido fluorídrico concentrado.

3.2.8.3 Procedimento

- a) Pesar, em duplicata, cerca de 1,0000g das cinzas;
- b) transferir para cadinho de platina, adicionar 7,00g de carbonato de sódio e homogeneizar;
- c) tampar o cadinho e aquecê-lo, levemente, durante 5 minutos; em seguida, levá-lo à fusão a 900°C, mantendo-a durante 1 hora;
- d) esperar esfriar, transferir o cadinho para béquer de 250mL, dissolver o material fundido com 100mL de água quente e deixar em digestão até o completo desprendimento;
- e) neutralizar, cuidadosamente, com HCl;
- f) adicionar 20mL de HCl e levar a seco;
- g) deixar esfriar e adicionar 10mL de HCl e 50mL de água;
- h) aquecer, filtrar e lavar o precipitado com solução de HCl 0,6N, quente;
- i) colocar o papel de filtro contendo o precipitado em um cadinho de platina;
- j) secar e calcinar a 900°C durante 1 hora;
- k) deixar esfriar em dessecador, pesar o cadinho e anotar este valor como P, em gramas;
- l) colocar sobre o resíduo 4 a 5 gotas de solução de H₂SO₄ 1:1 e 5mL de HF;
- m) levar à chapa, evaporar lentamente a seco e eliminar completamente os fumos de SO₃;
- n) calcinar novamente a 900°C durante 1 hora;
- o) deixar esfriar em dessecador, pesar o cadinho e anotar este valor como P', em gramas.

3.2.8.4 Cálculos

a) Nas cinzas, %Si = $\frac{(P - P' - Br)}{g} \times 46,747$

em que:

P = peso do cadinho contendo o resíduo total, em g;

P' = peso do cadinho após o tratamento do resíduo com HF, em g;

Br = correção do branco dos reagentes;

g = tomada da amostra, em g;

- b) expressar a concentração de silício em termos de mg/100g do alimento.

3.3 Análise estatística

Cada determinação foi efetuada em duplicata e foram calculadas as médias aritméticas e os desvios padrões dos resultados obtidos.

O intervalo de confiança (I_a) do valor médio da concentração de cada elemento mineral e determinado no contexto de cada técnica foi calculado com nível de significância $\alpha \leq 0,05$, segundo a norma do Deutsches Institut für Normung (DIN, 1991), sendo:

$$I_a = \frac{ts'}{\sqrt{n}}$$

em que:

n = tomada da amostra (réplicas),

s' = desvio padrão de repetibilidade, conforme a expressão:

$$s' = \left[\frac{\sum_{j=1}^k v_j s_j^2}{\sum_{j=1}^k v_j} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{v_1 s_1^2 + v_2 s_2^2 + \dots + v_k s_k^2}{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_k} \right]^{\frac{1}{2}}$$

em que:

k = número de amostras analisadas,

$v_j = n_j - 1$, sendo n_j o número de medidas em cada amostra,

s_j = desvio padrão das determinações realizadas na j -ésima amostra,

t = valor a ser obtido na Tabela de Distribuição t de Student com o mesmo valor de v com que foi determinado o s' , isto é:

$$v = \sum_{j=1}^k v_j$$

O teste F de Fisher foi aplicado para a análise de variância, tanto entre as várias técnicas utilizadas quanto para os alimentos analisados, a um nível de significância $\alpha \leq 0,05$, empregando o programa Microsoft Excel version 5,0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Considerações gerais

As coletas ficaram limitadas a um número de seis, pelo fato de que a formulação foi modificada.

A maior dificuldade analítica foi o preparo da amostra de *Pão Forte/FSDT*, para a obtenção de soluções em condições de serem analisadas por EAA e EVIS. Assim, a etapa mais demorada do trabalho foi a definição da dissolução da amostra. Diversas experiências foram efetuadas, tanto na amostra *in natura* como nas cinzas, usando-se diferentes proporções de misturas ácidas, contendo os oxidantes HClO_4 , HNO_3 e H_2SO_4 , até se obter a melhor proporção entre os ácidos, para a completa dissolução da amostra.

Fatores, como possíveis perdas por volatilização, tempo de dissolução da amostra *in natura* e das cinzas, teor do elemento e sensibilidade de cada técnica, foram considerados. Além do que, a pureza da água e dos reagentes, a limpeza da vidraria, a leitura dos reagentes brancos, enfim as diversas condições analíticas foram controladas, no sentido de garantir a qualidade dos resultados.

Devido à falta de um padrão de referência, optou-se em utilizar o recurso da intracomparação de resultados, no qual cada elemento foi determinado por ERX e por outra técnica analítica específica.

Testes de recuperação não foram aplicados, tendo em vista os critérios adotados no controle da qualidade analítica e o número considerável de elementos a analisar.

Os procedimentos analíticos foram definidos para a amostra de *Pão Forte/FSDT*, sendo aplicados os mesmos roteiros para a amostra de Pão Francês.

As metodologias foram registradas de forma detalhada, com o propósito de facilitar a sua utilização na análise deste tipo de matriz ou de amostras similares e em trabalhos de rotina.

4.2 Perfil mineral do *Pão Forte/FSDT*

A análise prévia por ERX detectou no *Pão Forte/FSDT*, em ordem decrescente, a presença dos seguintes elementos minerais: K, P, Na, Mg, Ca, Fe, Si, Al, Zn, Mn, Cu e Rb.

Os resultados obtidos pelas diferentes técnicas empregadas, correspondentes aos teores médios de cada amostragem e expressos em mg/100g do alimento, estão registrados nas TAB. 10 a 13.

TABELA 10

Teores médios de cálcio, fósforo e potássio em cada amostra do *Pão Forte/FSDT*

Amostra	Concentração (mg/100g do alimento)											
	Ca				P				K			
	ERX		EAA		ERX		EVIS		ERX		FC	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	25	0	31	2	130	3	129	5	142	2	144	7
2	21	1	25	1	111	5	88	2	122	3	120	2
3	27	1	39	4	139	2	109	2	171	2	168	0
4	27	1	32	1	116	3	98	3	128	7	119	0
5	26	0	29	1	114	3	96	3	144	1	133	1
6	28	0	28	0	128	2	100	3	117	1	126	2

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; EVIS: espectrofotometria no visível; FC: fotometria de chama; \bar{x} : média entre duplicatas; s: desvio padrão.

TABELA 11

Teores médios de sódio, magnésio e ferro em cada amostra do *Pão Forte/FSDT*

Amostra	Concentração (mg/100g do alimento)											
	Na				Mg				Fe			
	ERX		FC		ERX		EAA		ERX		EAA	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	95	1	121	3	30	1	51	1	13	1	15	1
2	75	1	87	6	26	1	37	0	5	0	4	0
3	107	1	97	0	34	1	23	1	6	0	7	0
4	76	1	80	2	27	1	36	1	7	0	8	0
5	75	1	44	4	26	1	40	1	6	1	7	1
6	129	1	130	1	29	0	37	0	10	0	12	0

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; FC: fotometria de chama; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; \bar{x} : média entre duplicatas; s: desvio padrão.

TABELA 12

Teores médios de zinco, manganês e cobre em cada amostra do *Pão Fortel/FSDT*

Amostra	Concentração (mg/100g do alimento)											
	Zn				Mn				Cu			
	ERX		EAA		ERX		EAA		ERX		EAA	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	1,8	0	1,3	0,1	0,95	0,08	0,75	0,03	0,40	0,01	0,19	0,01
2	1,4	0,1	0,5	0	0,71	0,01	0,42	0,01	0,29	0,03	0,10	0,01
3	2,0	0,1	1,0	0,1	0,94	0,06	0,71	0	0,44	0	0,19	0,02
4	1,6	0	1,0	0	0,75	0,03	0,52	0,01	0,35	0,01	0,14	0,01
5	1,6	0,1	1,1	0	0,69	0,01	0,52	0,01	0,41	0,01	0,21	0,01
6	1,9	0,1	1,1	0	1,00	0	0,60	0,01	0,38	0,01	0,21	0,01

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; \bar{x} : média entre duplicatas; s: desvio padrão.

TABELA 13

Teores médios de silício, alumínio e rubídio em cada amostra do *Pão Fortel/FSDT*

Amostra	Concentração (mg/100g do alimento)											
	Si				Al				Rb			
	ERX		GRAV		ERX		EAA		ERX		EAA	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	9	0	9	0	2,5	0,2	1,8	0,1	0,34	0,01	0,18	0,03
2	10	1	11	0	2,3	0,1	1,1	0,2	0,33	0,01	0,22	0,01
3	8	0	8	1	2,7	0,1	2,6	0,1	0,33	0,01	0,12	0
4	7	0	6	0	2,3	0,1	1,8	0,2	0,20	0,01	0,10	0,01
5	7	0	7	1	2,3	0,1	2,5	0,3	0,28	0,01	0,18	0,03
6	8	1	6	0	2,5	0,1	2,1	0,2	0,25	0,01	0,18	0,01

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; GRAV: gravimetria; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; \bar{x} : média entre duplicatas; s: desvio padrão.

Na TAB. 14, resumem-se os resultados analíticos médios obtidos nas seis amostras, o intervalo de confiança associado a cada um deles ($\alpha \leq 0,05$), correspondendo, desta maneira, à composição em elementos minerais estabelecida para o *Pão Forte/FSDT*. Nesta tabela, apresenta-se também o fator F ($\alpha \leq 0,05$) da análise de variância efetuada para as técnicas analíticas utilizadas.

TABELA 14
Composição em elementos minerais estabelecida para o *Pão Forte/FSDT* e análise de variância para as respectivas técnicas analíticas

E l e m e n t o	Técnica analítica					Fator F ($<4,30; \alpha \leq 0,05$)
	ERX	EAA	FC	EVIS	GRAV	
	mg/100g \pm la	mg/100g \pm la	mg/100g \pm la	mg/100g \pm la	mg/100g \pm la	
Ca	25 \pm 1	31 \pm 4	-	-	-	10,88
P	123 \pm 6	-	-	103 \pm 5	-	15,19
K	137 \pm 6	-	135 \pm 5	-	-	0,09
Na	93 \pm 2	-	93 \pm 6	-	-	0
Mg	28 \pm 2	37 \pm 2	-	-	-	10,77
Fe	8 \pm 1	8 \pm 1	-	-	-	0,59
Zn	1,7 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	-	-	-	52,37
Mn	0,84 \pm 0,07	0,59 \pm 0,03	-	-	-	23,59
Cu	0,38 \pm 0,02	0,17 \pm 0,02	-	-	-	120,81
Si	8 \pm 1	-	-	-	8 \pm 1	0,15
Al	2,4 \pm 0,2	2,0 \pm 0,3	-	-	-	7,07
Rb	0,29 \pm 0,02	0,16 \pm 0,03	-	-	-	38,55

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; FC: fotometria de chama; EVIS: espectrofotometria no visível; GRAV: gravimetria; la: incerteza aleatória ($\alpha \leq 0,05$).

Embora a ordem de grandeza dos valores seja a mesma, presumindo-se concordância entre os resultados da ERX e as demais técnicas, a análise de variância mostrou que, dos 12 elementos analisados, não houve diferença estatisticamente significativa apenas para os elementos minerais K, Na, Fe e Si ($F < 4,30$; $\alpha \leq 0,05$). Por outro lado, a proximidade entre todos os resultados obtidos constitui um fator importante de controle da qualidade analítica. A condição ideal seria a de se possuir um padrão de referência similar e certificado, que fosse analisado concomitantemente com a amostra. Um outro recurso seria a possibilidade de se utilizar uma outra técnica analítica.

A formulação contém os nutrientes ferro, sódio e cloreto, decorrentes da adição de sulfato ferroso e cloreto de sódio. De acordo com a compilação feita por FRANCO (1992), que da literatura brasileira foi a que apresentou maior número de indicações das concentrações dos elementos minerais nos alimentos, alguns ingredientes apresentam os teores indicados na TAB. 15. Segundo as suas quantidades presentes na formulação, pode-se inferir, para 100g de massa do *Pão Forte/FSDT*, a composição aproximada em elementos minerais constante na TAB. 16. Como a formulação tem um rendimento, em média, de 675 pães de 50g, os teores dos elementos minerais são os mesmos para 100g do produto.

TABELA 15

Teores de Ca, P, Fe, Na, K, Mg, Cu e Zn listados em tabelas de composição de alimentos em alguns ingredientes do *Pão Forte/FSDT*

Ingredientes	mg/100g de alimento							
	Ca	P	Fe	Na	K	Mg	Cu	Zn
Arroz polido cru	9	104	1,30	-	-	38	0,58	0,50
Amendoim torrado	42	354	1,60	85,0	740,0	150	1,14	-
Farinha de trigo, 74% de extração	92	191	4,20	-	-	24	-	-
Farinha de soja, baixo conteúdo de gordura	324	914	21,88	-	-	-	-	-
Fubá (mimoso)	16	152	0,90	30,2	152,2	-	-	-
Óleo de soja	0	0	0	5,7	3,5	-	-	-
Sal refinado	253	0	0,10	-	-	-	-	-

FONTE - FRANCO (1992).

TABELA 16

Estimativa dos teores de elementos minerais presentes em 100g de massa ou de Pão Forte/FSDT

Ingredientes	mg/100g de massa ou de alimento							
	Ca	P	Fe	Na	K	Mg	Cu	Zn
Arroz polido cru	1,27 (1,9%)	14,69 (7,4%)	0,18 (2,5%)	-	-	5,37 (29,0%)	0,08 (62,9%)	0,07 (100%)
Amendoim torrado	1,78 (2,6%)	15,00 (7,5%)	0,07 (0,9%)	3,60 (3,0%)	31,35 (70,4%)	6,36 (34,4%)	0,05 (37,1%)	-
Farinha de trigo, 74% de extração	25,99 (38,4%)	53,95 (27,0%)	0,19 (16,4%)	-	-	6,78 (36,6%)	-	-
Farinha de soja, baixo conteúdo de gordura	36,60 (54,1%)	103,26 (51,7%)	2,47 (34,1%)	-	-	-	-	-
Fubá (mimoso)	1,36 (2,0%)	12,88 (6,4%)	0,08 (1,1%)	2,56 (2,2%)	12,9 (29,0%)	-	-	-
Óleo de soja	0	0	0	0,43 (0,4%)	0,27 (0,6%)	-	-	-
Sal refinado	0,72 (1,1%)	0	0	112,13* (94,4%)	-	-	-	-
Sulfato ferroso pentaidratado	-	-	3,27* (45,1%)	-	-	-	-	-
Σ	67,72	199,78	7,26	118,72	44,52	18,51	0,13	0,07

(%): percentagem de contribuição de cada ingrediente; * quantidades acrescentadas na formulação.

A comparação entre os resultados experimentais (valores das técnicas específicas) e a composição em elementos minerais aproximada do *Pão Forte/FSDT*, obtida das tabelas de composição de alimentos dos ingredientes (TAB. 15), está indicada na TAB. 17.

TABELA 17

Comparação entre os resultados obtidos pelas técnicas específicas e os calculados da literatura a partir dos ingredientes para o *Pão Forte/FSDT*

Elemento	Valores experimentais mg/100g	Valores com base na literatura ¹ mg/100g de massa ou alimento
Ca	27 - 35	68
P	98 - 108	200
K	130 - 140	45
Na	87 - 99	119
Mg	35 - 39	19
Fe	7 - 9	7
Zn	0,9 - 1,1	0,07
Cu	0,15 - 0,19	0,13

1 - Obtidos por cálculo a partir da TAB. 15.

Dos 12 elementos minerais analisados, oito faziam parte das tabelas, correspondendo a 67% de indicação, um percentual de relativo significado. Contudo, estes elementos não figuraram em todos os ingredientes. O cálcio, o fósforo e o ferro foram os mais freqüentes; em seguida, vieram sódio, potássio e magnésio; os oligoelementos cobre e zinco, ainda mais raros, confirmando o que foi dito por LAJOLO (1994), serem as tabelas escassas em informações relativas aos elementos traços.

Com relação ao cálcio e ao fósforo, observa-se, por meio da TAB. 16, que a maior contribuição (54 e 52%, respectivamente) foi da farinha de soja. Como os resultados obtidos foram cerca de 50% inferiores aos calculados (TAB. 17), poder-se-ia supor que a lavagem da FSDT, durante o preparo da massa, lixiviou estes elementos.

Quanto ao potássio, os teores obtidos foram superiores ao valor calculado (TAB. 17). Entretanto, nas tabelas consultadas, constavam valores apenas para o amendoim, o fubá e o óleo de soja (TAB. 15).

Para o sódio, deu-se o inverso: os valores encontrados foram inferiores aos calculados (TAB. 17), inclusive menores que o correspondente à quantidade de NaCl da formulação ou seja, 112mg de Na (TAB. 16). Os valores experimentais (87 a 99mg) diferiram, em média, cerca de 20%; esta diferença poderia ser atribuída a variações na medida de sal refinado adicionado à massa (TAB. 5), pois, segundo ARAÚJO (1991), este sal apresenta-se como um dos compostos de maior grau de pureza, ao redor de 99,2%.

Para o magnésio, os valores experimentais foram superiores aos calculados (TAB. 17). Contudo, foram encontrados, nas tabelas da literatura, apenas os valores para o arroz, o amendoim e o fubá (TAB. 15).

Com relação ao ferro, houve coincidência entre os resultados (TAB. 17). Neste caso, além da contribuição (45%) do sulfato ferroso da formulação, foram encontrados valores para todos os ingredientes (TAB. 16).

Para o zinco, os resultados experimentais e calculados foram bastante diferentes (TAB. 17), mas há indicação do elemento nas tabelas da literatura, apenas para o arroz (TAB. 15).

Quanto ao cobre, os valores próximos podem ser considerados tão somente coincidentes (TAB. 17), já que há indicação, nas tabelas da literatura, apenas para o arroz e o amendoim (TAB. 15).

Em resumo, poder-se-ia dizer que houve concordância de resultados apenas para o ferro. Esta situação vem confirmar as informações citadas por LAJOLO (1994), a respeito das tabelas brasileiras - de serem estas, de um modo geral, desatualizadas e incompletas, em termos de alimentos e nutrientes e pouco confiáveis, por falta da descrição de procedimentos analíticos ou pelo uso de técnicas inadequadas.

4.3 Perfil mineral do Pão Francês

Foram detectados por ERX no Pão Francês, em ordem decrescente, os seguintes elementos minerais: Na, K, P, Mg, Ca, Fe, Si, Zn, Mn, Al, Cu e Rb.

Os resultados obtidos, ao empregar as diferentes técnicas, correspondentes aos teores médios de cada amostragem e expressos em mg/100g do alimento, encontram-se nas TAB. 18 a 21.

TABELA 18

Teores médios de cálcio, fósforo e potássio em cada amostra do Pão Francês

Amostra	Concentração (mg/100g do alimento)											
	Ca				P				K			
	ERX		EAA		ERX		EVIS		ERX		FC	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	59	1	60	4	98	1	89	3	111	0	112	0
2	24	0	20	1	139	1	123	3	141	1	137	1
3	19	0	20	3	124	0	122	2	143	1	151	0
4	34	0	30	0	141	1	119	8	113	0	144	3
5	23	0	18	0	112	0	103	3	116	0	128	2
6	18	0	17	0	121	0	100	2	106	1	118	1

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; EVIS: espectrofotometria no visível; FC: fotometria de chama; \bar{x} : média entre duplicatas; s: desvio padrão.

TABELA 19

Teores médios de sódio, magnésio e ferro em cada amostra do Pão Francês

Amostra	Concentração (mg/100g do alimento)											
	Na				Mg				Fe			
	ERX		FC		ERX		EAA		ERX		EAA	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	512	1	526	6	29	1	24	1	3,4	0	3,3	0,1
2	632	2	601	2	38	1	36	0	4,1	0,8	3,0	0,1
3	537	18	577	8	37	0	32	0	3,6	0,1	2,6	0,1
4	819	2	731	1	43	3	33	0	4,7	0,2	3,5	0
5	492	11	561	9	15	0	28	0	6,7	0,9	5,3	0,1
6	543	26	678	3	36	0	28	1	4,2	0,4	3,3	0,1

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; FC: fotometria de chama; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; \bar{x} : média entre duplicatas; s: desvio padrão.

TABELA 20

Teores médios de zinco, manganês e cobre em cada amostra do Pão Francês

Amostra	Concentração (mg/100g do alimento)											
	Zn				Mn				Cu			
	ERX		EAA		ERX		EAA		ERX		EAA	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	1,6	0,1	0,8	0,1	1,3	0,1	0,35	0,01	1,4	0,1	0,10	0,01
2	2,1	0,1	1,1	0,1	2,0	0	0,50	0	1,8	0,1	0,12	0
3	1,8	0	1,0	0	1,6	0	0,49	0	1,5	0	0,11	0
4	2,1	0,1	0,9	0,1	1,8	0,1	0,52	0,01	1,9	0,1	0,13	0,02
5	1,7	0	0,8	0	1,5	0,1	0,40	0,01	1,3	0,1	0,14	0,02
6	1,9	0,1	0,8	0,1	1,5	0	0,38	0	2,3	0,1	0,42	0,01

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; \bar{x} : média entre duplicatas; s: desvio padrão.

TABELA 21

Teores médios de silício, alumínio e rubídio em cada amostra do Pão Francês

Amostra	Concentração (mg/100g do alimento)											
	Si				Al				Rb			
	ERX		GRAV		ERX		EAA		ERX		EAA	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	2,1	0,3	1,4	0,1	0,52	0	0,31	0	0,42	0,03	0,056	0,008
2	2,6	0,1	2,5	0,1	0,73	0	0,30	0	0,57	0	0,071	0
3	3,1	0,1	2,3	0,1	0,64	0	0,31	0	0,52	0	0,072	0
4	3,0	0,1	1,9	0,1	0,59	0,01	0,61	0,19	0,61	0,01	0,070	0
5	3,3	0,6	3,3	0,3	0,83	0,03	0,77	0,11	0,55	0,07	0,066	0,008
6	1,9	0,4	1,3	0,1	0,57	0	0,37	0	0,58	0,03	0,053	0,008

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; GRAV: gravimetria; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; \bar{x} : média entre duplicatas; s: desvio padrão.

Todos os resultados analíticos médios relativos às seis amostras, o intervalo de confiança associado a eles ($\alpha \leq 0,05$) e o fator F da análise de variância ($\alpha \leq 0,05$) entre as técnicas são apresentados na TAB. 22.

TABELA 22

Composição em elementos minerais estabelecida para o Pão Francês e análise de variância para as respectivas técnicas analíticas

E l e m e n t o	Técnica analítica					Fator F ($< 4,30; \alpha \leq 0,05$)
	ERX mg/100g \pm la	EAA mg/100g \pm la	FC mg/100g \pm la	EVIS mg/100g \pm la	GRAV mg/100g \pm la	
Ca	29 \pm 1	28 \pm 4	-	-	-	0,09
P	122 \pm 1	-	-	110 \pm 7	-	4,92
K	122 \pm 1	-	131 \pm 3	-	-	2,61
Na	640 \pm 20	-	610 \pm 10	-	-	0,33
Mg	33 \pm 3	30 \pm 1	-	-	-	0,81
Fe	4 \pm 1	3,5 \pm 0,1	-	-	-	5,11
Zn	1,8 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	-	-	-	199
Mn	0,80 \pm 0,09	0,44 \pm 0,01	-	-	-	237
Cu	0,39 \pm 0,02	0,17 \pm 0,02	-	-	-	209
Si	2,6 \pm 0,6	-	-	-	2,1 \pm 0,3	4,16
Al	0,65 \pm 0,03	0,4 \pm 0,2	-	-	-	357
Rb	0,25 \pm 0,06	0,06 \pm 0,01	-	-	-	591

ERX: espectrometria de fluorescência de raios X; EAA: espectrofotometria de absorção atômica; FC: fotometria de chama; EVIS: espectrofotometria no visível; GRAV: gravimetria; la: incerteza aleatória ($\alpha \leq 0,05$).

A análise de variância mostrou que não houve diferença estatisticamente significativa para Ca, K, Na, Mg e Si, prevalecendo para a análise química do Pão Francês as mesmas observações apresentadas para o *Pão Forte/FSDT*.

Conforme o critério adotado para o *Pão Forte/FSDT*, a partir dos valores levantados na literatura para a farinha de trigo (TAB. 15) e a quantidade de NaCl presente na formulação do Pão Francês (TAB. 6), foram estimados os teores de Ca, P, Fe, Na e Mg para 100g de massa e 100g do produto. Como a formulação tem um rendimento de 262,4 pães, que fornece uma unidade do produto de 62,5g, os resultados calculados para 100g de massa e para 100g de alimento são diferentes. Todos os valores são apresentados para comparação com os resultados obtidos por meio das técnicas específicas na TAB. 23. Nesta tabela encontram-se também os teores destes elementos minerais presentes em 100g de produto elaborado, segundo a compilação de FRANCO (1992).

TABELA 23

Comparação entre os resultados obtidos por meio das técnicas específicas para o Pão Francês e os da literatura

Elemento mineral	Valores experimentais	Valores com base na literatura		
	mg/100g de alimento	mg/100g de massa ¹	mg/100g de alimento ¹	mg/100g de alimento ²
Ca	24 - 32	62	50	22
P	103 - 117	116	93	107
K	128 - 134	-	-	140,5
Na	600 - 620	968	775	616,7
Mg	29 - 31	14,6	11,7	30
Fe	3,4 - 3,6	2,6	2,1	1,20

1 - Calculados a partir dos ingredientes (TAB. 7 e 15).

2 - Compilação de FRANCO (1992).

Observa-se que os resultados experimentais não concordaram com os calculados a partir dos teores presentes nos ingredientes. Em contrapartida, exceto para o ferro, houve concordância entre todos os resultados experimentais e os levantados na literatura, para o Pão Francês (FRANCO, 1992). A diferença entre os teores de ferro poderia ser atribuída ao uso de farinha enriquecida ou à incorporação do elemento ao produto durante o seu processamento, como, por exemplo, através da água ou de equipamentos (fornos, vasilhames, talheres e outros).

4.4 Comparação entre os perfis minerais do Pão Forte/FSDT e do Pão Francês

Na TAB. 24, resumem-se os resultados analíticos médios estabelecidos para os dois alimentos, através das técnicas específicas e o fator F da análise de variância. As FIG. 1 e 2 ilustram os perfis minerais de ambos os produtos.

TABELA 24
Comparação entre os perfis minerais dos dois alimentos
e as respectivas análises de variância

Elemento	<i>Pão Forte/FSDT</i> mg/100g \pm 1a	Pão Francês mg/100g \pm 1a	F ($< 4,30$; $\alpha \leq 0,05$)
Ca	31 \pm 4	28 \pm 4	0,41
P	103 \pm 5	110 \pm 7	1,19
K	135 \pm 5	131 \pm 3	0,26
Na	93 \pm 6	610 \pm 10	504
Mg	37 \pm 2	30 \pm 1	6,30
Fe	8 \pm 1	3,5 \pm 0,1	21
Zn	1,0 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	2,01
Mn	0,59 \pm 0,03	0,44 \pm 0,01	14
Cu	0,17 \pm 0,02	0,17 \pm 0,02	0,005
Si	8 \pm 1	2,1 \pm 0,3	88
Al	2,0 \pm 0,3	0,4 \pm 0,2	82
Rb	0,16 \pm 0,03	0,06 \pm 0,01	53

1a: incerteza aleatória ($\alpha \leq 0,05$).

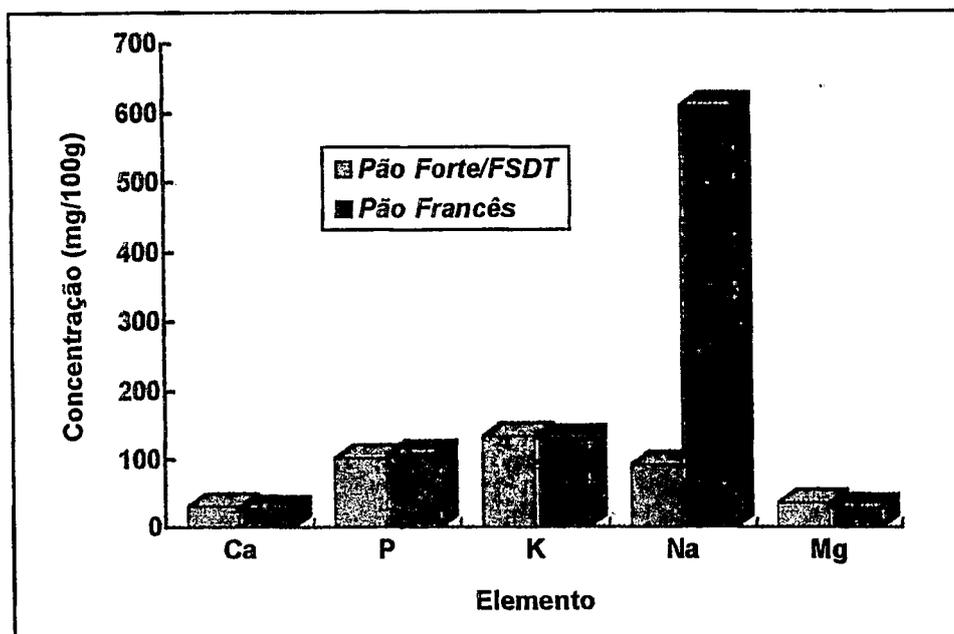


FIGURA 1 - Teores de macronutrientes no *Pão Forte/FSDT* e no *Pão Francês*

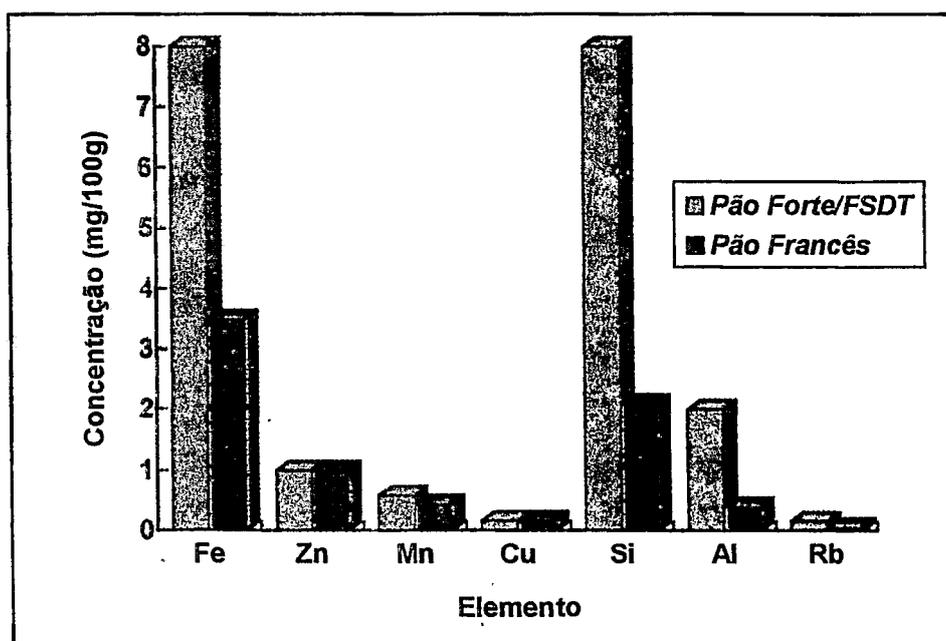


FIGURA 2 - Teores de elementos traços (essenciais e contaminantes) no *Pão Forte/FSDT* e no *Pão Francês*

Tendo como base as suas formulações, sabia-se previamente que os teores de sódio e ferro entre os dois produtos seriam distintos. Além destes elementos minerais, a análise de variância ($\alpha \leq 0,05$) mostrou diferenças estatisticamente significativas para Mg, Mn, Si, Al e Rb, totalizando-se 58% dos elementos minerais analisados. Observam-se menores teores dos contaminantes para o Pão Francês - 5 vezes para o alumínio e cerca de 3 vezes para o rubídio. Os valores para Ca, P, K, Mg, Zn, Mn e Cu podem ser considerados bem próximos, presumindo ser esta contribuição proveniente da farinha de trigo, já que esta é o ingrediente primordial do Pão Francês.

4.5 Valor nutritivo em potencial

Embora seja evidente que os teores de elementos minerais nos alimentos não refletem necessariamente sua absorção integral pelo intestino humano ou sua biodisponibilidade para o organismo, são comuns as estimativas do valor nutritivo em potencial dos alimentos. Neste contexto, na TAB. 25, apresentam-se os resultados analíticos médios estabelecidos para os dois alimentos, através das técnicas específicas, os valores das respectivas DDR para crianças entre 2 e 6 anos, para cálcio, fósforo, potássio, sódio, magnésio, ferro, zinco, manganês e cobre, segundo NRC (1989), e para o silício, segundo NIELSEN (1990). A percentagem de contribuição de cada elemento mineral e o número de pães necessário para atender à respectiva DDR também são apresentados.

4.5.1 Valor nutritivo em potencial do Pão Forte/FSDT

Levando-se em conta que a ingestão diária é de dois pães e, neste caso, as quantidades de elementos minerais presentes são os valores indicados na TAB. 25, o Pão Forte/FSDT atende à maior parte das necessidades de ferro e silício. Para o ferro, este fato já era esperado, uma vez que a formulação foi enriquecida com sulfato ferroso, correspondendo a um teor em ferro de cerca de 3,3mg/2 unidades (TAB. 16), além da contribuição dos ingredientes. Todavia, considerando a presença de fatores antifisiológicos (fitatos, fosfatos, oxalatos ou polifenóis), comuns em cereais como trigo, arroz e milho (STEKEL et al., 1983; NOLAN et al., 1987; BRUNE et al., 1992; VANNUCCHI et al., 1992), e a absorção do sulfato ferroso, em média, de 10 a 20% (CHAUD & FREITAS, 1994), presume-se um comprometimento na absorção do ferro presente no alimento, que poderia ser contornado, pelo aumento da quantidade de sulfato ferroso na formulação.

TABELA 25

Comparação entre os perfis minerais dos dois alimentos e os valores recomendados para crianças entre 2 e 6 anos

Elemento	<i>Pão Forte/FSDT</i> mg/100g±la ²	Pão Francês mg/100g±la ²	DDR ¹ mg/dia	Contribuição			
				<i>Pão Forte/FSDT</i>		Pão Francês	
				%	nº de pães	%	nº de pães
Ca	31 ± 4	28 ± 4	800	3,9	52	3,5	57
P	103 ± 5	110 ± 7	800	12,9	16	13,8	15
K	135 ± 5	131 ± 3	1000 - 1600	10,4	19	10,1	20
Na	93 ± 6	610 ± 10	225 - 400	29,8	7	195	1
Mg	37 ± 2	30 ± 1	80 - 170	29,6	7	24,0	8
Fe	8 ± 1	3,5 ± 0,1	10	80,0	3	35,0	6
Zn	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	10	10,0	20	10,0	20
Mn	0,59 ± 0,03	0,44 ± 0,01	1,0 - 2,0	39,3	5	29,3	7
Cu	0,17 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,7 - 1,6	14,8	14	14,8	14
Si	8 ± 1	2,1 ± 0,3	5 - 20	64,0	3	16,8	12
Al	2,0 ± 0,3	0,4 ± 0,2	-	-	-	-	-
Rb	0,16 ± 0,03	0,06 ± 0,01	-	-	-	-	-

1 - DDR: dose diária recomendada, segundo NRC (1989), exceto para Si (NIELSEN, 1990).

2 - la: incerteza aleatória ($\alpha \leq 0,05$).

Quanto ao silício, embora não seja sugerida uma DDR pelo NRC (1989), esta deve estar compreendida entre 5 e 20mg de Si, segundo NIELSEN (1990). O valor médio deste intervalo situa-se próximo à ingestão diária média estimada para o elemento. Contudo, a deficiência deste nutriente no homem ainda não foi comprovada (DREOSTI, 1980).

A contribuição para o suprimento diário de Mn, Mg e Na pode ser considerada relativamente significativa, tendo em vista a ingestão diária de dois pães.

O alimento não constitui fonte de Ca, P, K, Zn e Cu. Além do que, a proporção de cálcio e fósforo, de 1:3, difere daquela considerada como ideal, ou seja, uma proporção de 2:1 (DUTRA DE OLIVEIRA et al., 1982). O teor mais elevado de fósforo pode ser atribuído, em parte, ao fitato ou seus produtos de degradação presentes no *Pão Forte/FSDT* (679mg de fitato/100g de massa - TAB. 4, p. 50 e TAB. 5, p. 60) e, neste caso, esta fração não deve ser considerada disponível ao homem. Por sua vez, a biodisponibilidade do zinco ingerido, em função do fitato, só pôde ser avaliada com base nos ingredientes - 52 para a razão molar [fitato] [cálcio]/[zinco] (TAB. 4, p. 50; TAB. 5, p. 60 e TAB. 25, p. 93). Este valor é muito superior ao estabelecido (0,2) por BINDRA et. al. (1985). Entretanto, a biodisponibilidade poderia melhorar, tendo em vista que o fitato contido em alimentos é degradado, em grande parte, durante o processamento - panificação com fermento biológico ou ativação da fitase naturalmente presente nos grãos pela ação de umidade e calor (OBERLEAS, 1973; HARLAND & HARLAND, 1980). Por outro lado, HARLAND & OBERLEAS (1987), em sua revisão, mencionam que são comuns nas dietas de diversos países, ingestões médias normais de fitato, na faixa de 600 a 800mg/dia, sem que tenha havido ocorrência de deficiências nos elementos; mas reconhecem que nem por isto, este fator antifisiológico deve ser desconsiderado ao se avaliar um produto ou uma dieta. Daí, a importância de se determinar o teor de fitato no produto processado.

Com relação aos elementos Al e Rb, já que não se tratam de nutrientes, a ingestão diária de duas unidades corresponde a 2,0mg e 0,16mg, respectivamente. Estes valores são bem inferiores àqueles citados por STOEWSAND (1980), ou seja, 36,4mg/dia para o alumínio e 10mg/dia para o rubídio. Para o alumínio, GREGER (1985) estimou uma ingestão média de 26mg/dia, enquanto que BALCH & BALCH (1990) relacionaram uma ingestão média entre 3 e 10mg/dia.

4.5.2 Valor nutritivo em potencial do Pão Francês

Para uma ingestão diária de duas unidades, a maior contribuição, obviamente, é a de sódio, ressaltando-se que apenas uma unidade é suficiente para suprir a necessidade diária deste elemento. Esta situação vem confirmar a afirmativa de VANNUCCHI et al. (1990) de que a maioria dos alimentos processados contém teores altos de sódio.

A contribuição para o suprimento diário de Fe, Mn e Mg pode ser também considerada relativamente significativa.

Tal como o *Pão Forte/FSDT*, excetuando-se o silício, o alimento também não é fonte de Ca, P, K, Zn e Cu. Neste caso, a proporção de cálcio e fósforo é de 1:4, ainda mais distante daquela considerada como ideal (2:1). O teor de fitato no Pão Francês - 172mg/100g de massa - foi calculado com base nos ingredientes (TAB. 4, p. 50 e TAB. 6, p. 62). Associando o mesmo ao nível elevado de fósforo, também aqui pode-se apresentar as mesmas observações feitas para o *Pão Forte/FSDT*. A biodisponibilidade de zinco calculada em relação ao fitato é igual a 12 (TAB. 4, p. 50; TAB. 6, p. 62 e TAB. 25, p. 93), melhor do que no *Pão Forte/FSDT*, mas ainda superior à ideal - 0,2 (BINDRA et. al., 1985). Entretanto, considerando-se que, após o assamento, o pão pode conter cerca de 69mg de fitato/100g, a razão é reduzida em 50%, o que comprova o efeito do processamento na melhoria da biodisponibilidade do zinco. Conseqüentemente, as considerações feitas com relação ao *Pão Forte/FSDT* também podem ser aplicadas ao Pão Francês.

Quanto aos não-nutrientes Al e Rb, a ingestão diária de duas unidades corresponde a 0,4mg e 0,06mg, respectivamente. Estes teores, inclusive, são 5 e 2,5 vezes inferiores àqueles encontrados para o alimento formulado, prevalecendo, portanto, as observações apresentadas para o *Pão Forte/FSDT*. Além disto, GREGER (1985) estimou um teor de alumínio de 3,0 μ g/g em pão branco, ou seja, 0,3mg/100g, valor próximo àquele obtido no presente estudo. Para o rubídio, EVANS & READ (1985) determinaram, em um padrão de farinha de trigo, o nível de 0,3mg/kg, que equivaleria a 0,05mg/100g do produto. Este resultado também se aproxima do valor obtido neste estudo.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões

As metodologias, como aplicadas, foram adequadas às matrizes analisadas - *Pão Forte/FSDT* e *Pão Francês*.

Ainda que defasadas e incompletas, as tabelas de composição de alimentos compiladas por FRANCO (1992) ofereceram uma boa orientação para o controle da qualidade analítica do *Pão Francês*.

Os perfis minerais dos dois alimentos e, conseqüentemente, os seus valores nutritivos em potencial se equivalem, em termos de Ca, P, K, Mg, Zn, Mn e Cu.

Apesar do enriquecimento, a provável presença de fatores antifisiológicos e a baixa absorção do sulfato ferroso podem comprometer o *Pão Forte/FSDT* como fonte de ferro.

O *Pão Forte/FSDT* é boa fonte de silício. Todavia, a deficiência deste elemento ainda não foi comprovada para o homem.

Há evidências de que a lavagem da FSDT, durante o preparo da massa, lixiviou, principalmente, os elementos minerais cálcio e fósforo.

De acordo com as necessidades diárias recomendadas, o teor de sódio no *Pão Francês* é elevado para crianças na faixa etária compreendida entre 2 e 6 anos.

A contribuição de ambos os alimentos é relativamente significativa para o suprimento diário de Mg e Mn.

Os teores encontrados, nos dois produtos, para os não-nutrientes Al e Rb estavam bem abaixo de valores citados na literatura, referentes à ingestão diária, estando presentes em menores quantidades no *Pão Francês*.

Embora não tenham sido pesquisadas as suas condições de higiene e a avaliação biológica de nutrientes do *Pão Forte/FSDT* e do *Pão Francês*, a análise química permitiu estimar os respectivos potenciais nutricionais com relação a alguns elementos minerais.

5.2 Sugestões

Diante do exposto, sugere-se:

- aumentar a quantidade de sulfato ferroso na formulação;
- avaliar a biodisponibilidade de ferro no *Pão Forte/FSDT*, no sentido de verificar a contribuição efetiva do elemento mineral neste alimento, em comparação à do Pão Francês;
- complementar a análise dos elementos traços, como Se, Mo, Cr, V, F e Ni;
- determinar fatores antifisiológicos, como fitatos e oxalatos.

6.1 Anexo A - Situação da desnutrição infantil no Brasil

TABELA 26
Prevalência percentual de retardo de
crescimento na infância em diferentes
estados brasileiros (1989)

Estado	%
Santa Catarina	4,9
São Paulo	5,6
Mato Grosso do Sul	6,1
Rio Grande do Sul	8,2
Goiás	9,4
Rio de Janeiro/Espírito Santo	9,5
Minas Gerais	10,6
Mato Grosso	11,1
Paraná	11,6
Amazonas	16,7
Bahia	22,0
Rio Grande do Norte/Paraíba	22,7
Ceará	27,6
Pernambuco	28,6
Pará	29,4
Alagoas/Sergipe	31,6
Maranhão/Piauí	33,8

FONTE - MONTEIRO (1992).

TABELA 27

Prevalência percentual de desnutrição em crianças menores de 5 anos, segundo faixa etária - Brasil 1989 (Classificação de Gomez - peso/idade)

Faixa etária	Desnutrição leve	Desnutrição moderada ou grave	Total
	%	%	%
0 - 5 meses	15,8	6,0	21,8
6 - 11 meses	19,7	6,7	26,4
12 - 23 meses	26,3	5,4	31,7
24 - 59,9 meses	27,9	4,6	32,5
Total	25,6	5,1	30,7

FONTE - ARAÚJO (1992).

TABELA 28

Desnutrição em crianças de 0 a 5 anos por região - Brasil 1989
(Classificação de Gomez - peso/idade)

Região	Formas leves	Formas moderadas e graves	Total
Norte	213.312	46.841	260.153
Nordeste	2.085.883	544.813	2.630.696
Sudeste	1.224.661	173.370	1.398.031
Sul	380.830	41.440	422.270
Centro-Oeste	286.602	26.421	313.023
Brasil	4.191.188	832.885	5.024.173

FONTE - ARAÚJO (1992).

TABELA 29
Prevalência percentual de desnutrição em crianças menores
de 5 anos por região e situação - Brasil 1989
(Classificação de Gomez - peso/idade)

Região	Situação	Todas as formas	Formas moderadas e graves
	Rural*	-	-
Norte	Urbana	42,3	7,6
	Total	42,3	7,6
	Rural	52,7	11,6
Nordeste	Urbana	39,3	7,4
	Total	46,1	9,6
	Rural	32,6	3,7
Sudeste	Urbana	19,5	2,5
	Total	21,7	2,7
	Rural	20,0	2,0
Sul	Urbana	16,6	1,6
	Total	17,8	1,7
	Rural	29,8	2,7
Centro-Oeste	Urbana	24,3	2,0
	Total	25,7	2,1
	Rural	41,6	7,8
Brasil	Urbana	25,7	3,8
	Total	30,7	5,1

* O Norte rural não foi pesquisado por razões operacionais, quais sejam, sua grande extensão territorial e baixa densidade demográfica.
FONTE - ARAÚJO (1992).

6.2 Anexo B - Macronutrientes

TABELA 30

Composição de macronutrientes do corpo de um adulto

Elemento (Símbolo)	% da cinza total	Concentração (g/70kg corporal)
Cálcio (Ca)	39	1.160
Fósforo (P)	22	670
Potássio (K)	5	150
Enxofre (S)	4	112
Cloro (Cl)	3	85
Sódio (Na)	2	63
Magnésio (Mg)	0,7	21

FONTE - ANDERSON et al. (1988).

TABELA 31

DDR de macronutrientes para lactentes, crianças, adolescentes e adultos

Elemento	Lactentes					Adolescentes > 11 anos	Adultos Homens de 25 a + 51 anos
	(0 a 0,5 ano)	(0,5 a 1 ano)	(1 a 3 anos)	(4 a 6 anos)	(7 a 10 anos)		
Ca (mg)	400	600	800	800	800	1200	800
P (mg)	300	500	800	800	800	1200	800
Mg (mg)	40	60	80	120	170	270 - 350	350
Na (mg)	120	200	225 - 300	300 - 400	400 - 500	500	500
K (mg)	500	700	1000 - 1400	1400 - 1600	1600 - 2000	2000	2000
Cl (mg)	180	300	350 - 500	500 - 600	600 - 750	750	750

DDR: dose diária recomendada.

FONTE - NRC (1989).

6.3 Anexo C - Micronutrientes

TABELA 32

DDR de micronutrientes para lactentes, crianças, adolescentes e adultos

Elemento	Lactentes				Crianças (4 a 6 anos)	Adolescentes > 11 anos	Adultos Homens de 19 a + 51 anos
	(0 a 0,5 ano)	(0 a 1 ano)	(1 a 3 anos)	(7 a 10 anos)			
Cr (µg)	10 - 40	20 - 60	20 - 80	30 - 120	50 - 200	50 - 200	50 - 200
Cu (mg)	0,4 - 0,6	0,6 - 0,7	0,7 - 1,0	1,0 - 1,6	1,0 - 2,0	1,5 - 2,5	1,5 - 3,0
F (mg)	0,1 - 0,5	0,2 - 1,0	0,5 - 1,5	1,0 - 2,5	1,5 - 2,5	1,5 - 2,5	1,5 - 4,0
Fe (mg)	6	10	10	10	10	12	10
I (µg)	40	50	70	90	120	150	150
Mn (mg)	0,3 - 0,6	0,6 - 1,0	1,0 - 1,5	1,5 - 2,0	2,0 - 3,0	2,0 - 5,0	2,0 - 5,0
Mo (µg)	15 - 30	20 - 40	25 - 50	30 - 75	50 - 150	75 - 250	75 - 250
Se (µg)	10	15	20	20	30	40 - 50	70
Zn (mg)	5	5	10	10	10	15	15

DDR: dose diária recomendada.
FONTE - NRC (1989).

TABELA 33

Requisitos dietários, principais sintomas de deficiência e funções bioquímicas dos elementos traços para o homem

Elemento	Requisitos dietários aproximados (mg/kg peso corporal)	Sinais de deficiência	Funções bioquímicas	Observações
Co	-	Anemia	Parte da molécula de vitamina B12	Co é requerido como vitamina B12 para o homem
Cr	0,1	Redução de tolerância à glicose em alguns pacientes com nutrição exclusivamente parenteral e em crianças subnutridas	Faz parte do fator de tolerância à glicose	Diminuição de Cr, em alguns casos de diabetes surgidas em adultos; melhor fonte de Cr dietário: levedo de cerveja. Fonte: melão, nozes, grãos integrais, frutos do mar
Cu	5	Ocasionalmente, em crianças, anemia, desordens ósseas	A ceruloplasmina (Cu + proteína) é necessária para a mobilização do Fe; muitas cuproproteínas participam do metabolismo, especialmente em reações de oxidação	Crianças são afetadas, em alguns casos, devido aos baixos níveis de Cu no leite. Síndrome de Menkel (cabelo crespo), deficiência congênita ligada ao cromossomo X. Fonte: frutos do mar, carnes, nozes
F	1 a 2	Redução da resistência à cárie dental e osteoporose	Componente estrutural da hidroxiapatita de Ca, nos dentes e ossos	Nível de fluoretação da água potável: 1 ppm; fluorose envolve inibição pelo F de muitas enzimas. Fonte: frutos do mar, carnes, água
Fe	10 a 36	Desatenção, anemia, diminuição da resistência a doenças	Componente estrutural da hemoglobina, mioglobina e metaloenzimas	Crianças são afetadas, devido aos baixos níveis de Fe no leite; assim, deve-se suplementar sua alimentação; em adultos, a deficiência acompanha, principalmente, perdas crônicas de sangue. Fonte: frutos do mar, carnes, nozes, legumes, vegetais

TABELA 33 - Continuação

Elemento	Requisitos dietários aproximados (mg/kg peso corporal)	Sinais de deficiência	Funções bioquímicas	Observações
I	0,035 a 0,15	Bócio, mixedema, cretinismo	Componente estrutural dos hormônios da tireóide	Deve-se suplementar sempre sob a forma de KI, em sal de cozinha, ao nível de 0,01%. Fonte: variável, dependendo da localização
Mn	-	Não foi comprovada a deficiência	Ativador de muitas enzimas, especialmente aquelas envolvidas no metabolismo energético; necessário para a síntese da protrombina	Foi descrita toxicidade em trabalhadores de minas. Fonte: nozes, grãos integrais, folhas, chá
Mo	-	Não foi comprovada a deficiência	Grupo prostético de algumas metaloenzimas	Mo ingerido em alto teor antagoniza a absorção de Cu; importante na agricultura. Fonte: legumes, grãos integrais, carnes
Ni	-	Não foi comprovada a deficiência	Possibilidade de envolvimento com a estrutura da membrana, especialmente da mitocôndria	Descritos baixos teores de Ni no sangue de pacientes com cirrose e uremia crônica. Fonte: legumes, grãos integrais
Se	-	Cardiomiopatia em crianças na China; doença de Keshan	Grupo prostético da glutatona peroxidase; função antioxidante (protege a membrana de peroxidação dos lípidos); pode ser também uma enzima transportadora de elétrons contendo Se	Se e vitamina E interrelacionam-se na função antioxidante; existe alguma evidência que Se é um agente câncer protetor; selenose envolve inibição de algumas enzimas oxidativas. Fonte: carnes, nozes, frutos do mar

TABELA 33 - Continuação

Elemento	Requisitos dietários aproximados (mg/kg peso corporal)	Sinais de deficiência	Funções bioquímicas	Observações
Si	-	Não foi comprovada a deficiência	Envolvido em etapas iniciais do crescimento ósseo, possivelmente como agente de ligação cruzada de mucopolissacarídes na matriz orgânica	Abundante em grãos vegetais. Fonte: grãos integrais, nozes, ovos
Sn	-	Não foi comprovada a deficiência	Possivelmente envolvido em reações redox	Fonte: frutos do mar, nozes, carnes
V	-	Não foi comprovada a deficiência	Possivelmente envolvido em reações redox	Já foram levantados problemas em nutrição humana. Fonte: grãos integrais, frutos do mar, ovos
Zn	5 a 25	Diminuição do crescimento, hipogonadismo, dificuldade no parto; anormalidade fetal, quando a mãe apresenta acrodermatite enteropática; redução da resistência para doenças e cicatrização de lesões na pele	Grupo prostético de várias metaloenzimas e associado a muitas macromoléculas (DNA, RNA); importante na síntese de proteínas e ácidos nucleicos	É importante a ingestão de Zn em pacientes em nutrição exclusivamente parenteral, em crianças prematuras e mulheres grávidas. Fonte: carnes, frutos do mar, nozes

FONTE - DREOSTI (1980).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFIN-SLATER, R.B.; MIRENDA, R. Nutrient requirements: what they are and bases of recommendations. In: ALFIN - SLATER, R.B.; KRITCHEVSKY, D. (Ed.). *Human nutrition: a comprehensive treatise*. New York: Plenum, 1980. p. 1 - 48.
- ANDERSON, L.; DIBBLE, M.V.; TURKKI, P.R.; MITCHELL, H.S.; RYNBERGEN, H.J. *Nutrição*. 17. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 737 p.
- ANKE, M.; ANGELOW, L. Rubidium in the food chain. *Fresenius J. Anal. Chem.*, v. 352, p. 236 - 239, 1995.
- ARAÚJO, M.S. *Falando de panificação*. São Paulo: Técnica, 1991. 202 p.
- ARAÚJO, R.L. *Situação alimentar e nutricional do Brasil - 1992*. Brasília: Vox, 1992. 203 p.
- BALCH, J.F.; BALCH, P.A. *Prescription for nutritional healing*. New York: Avery, 1990. 368 p.
- BASSETT, J.; DENNEY, R.C.; JEFFERY, G.H.; MENDHAM, J. (Rev.). *Vogel - análise inorgânica quantitativa*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 690 p.
- BENDER, A. E. *Food processing and nutrition*. London Academic Press, 1978. 243 p.
- BINDRA, G.S.; GIBSON, R.S.; THOMPSON, L. (Phytate)(calcium)/(zinc) molar ratios in Asian immigrant lacto-ovo vegetarians diets and their relationship to zinc nutriture. *Fed. Proc.*, v. 44, p. 5069, 1985.
- BJÖRN-RASMUSSEN, E.; HALLBERG, L. Iron absorption from maize; effect of ascorbic acid on iron absorption from maize supplemented with ferrous sulphate. *Nutr. Metabol.*, v. 16, p. 94-100, 1974.
- BOWES, A.P.; CHURCH, C.F. *Food values of portions commonly used*. 11. ed. Philadelphia: Lippincott, 1970. 180 p.
- BRANDÃO, C.T.T. *Alimentação alternativa*. Brasília: Ministério da Saúde, 1989. 68 p.
- BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução n.12 de março de 1978. Aprova as normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas. *Diário Oficial*, Brasília, 24 julho 1978, p. 11499 - 11528.
- BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n.41 de 12 de maio de 1995. Aprova as normas técnicas referentes a alimentos para fins especiais. *Diário Oficial*, Brasília, 15 maio 1995a, p. 6886 - 6887.
- BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n.59 de 13 de julho de 1995. Aprova a norma técnica para complemento nutricional. *Diário Oficial*, Brasília, 14 julho 1995b, p. 10424 - 10426.
- BRETAS, M.L. *Determinação de alguns micronutrientes em alimentos infantis industrializados*. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 1988. 89 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).
- BRUNE, M.; ROSSANDER-HULTÉN, L.; HALLBERG, L.; GLEERUP, A.; SANDBERG, A. Iron absorption from bread in humans: inhibiting effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups. *J. Nutr.*, v. 122, p.442-449, 1992.
- CARMO, V.A.S. *Elementos inorgânicos, como contaminantes, em soluções comumente usadas para nutrição parenteral*. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 1992. 114 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).
- CDTN (Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear). *Manual da qualidade total: instruções normativas, procedimentos e rotinas técnicas*. Belo Horizonte: 1993/96.
- CHAMONE, M. Imunologista cria mistura para aumentar a eficácia de vacinas. *Estado de Minas*, Belo Horizonte, 5 set. 1993. Caderno Cidades, p. 33. Entrevista concedida a Helena Barcelos.

- CHAMONE, M.; JOKL, L. *Pão Forte*. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 1993. 8 p. (Ensaio).
- CHAUD, M.V.; FREITAS, O. Compostos alternativos para o tratamento e/ou prevenção da anemia ferropriva. *Cad. Nutr.*, v. 8, p. 1 - 9, 1994.
- CHAVAN, J.K.; KADAM, S.S. Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with nonwheat flours. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, v. 33, p. 189 - 226, 1993.
- COLLI, C. Fortificação de alimentos no combate a anemia nutricional. In: REUNIÃO ANUAL DO CONSÓRCIO DAS INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 15, 1994, Pirassununga. *Anais...* São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 1994. p. 42 - 45.
- COOK, J. D.; MONSEN, E.R. Food iron absorption in human subjects; comparison of the effect of animal proteins on non heme iron absorption. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 29, p. 859 - 867, 1976.
- CRAPPER, D. R.; KRISHNAN, S.S.; QUITTKAT, S. Aluminium, neurofibrillary degeneration and Alzheimer's disease. *Brain*, v. 99, p. 67 - 80, 1976.
- DELLA ROSA, H.V. Riscos toxicológicos decorrentes da exposição a metais pesados em laboratórios de análises químicas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONTAMINANTES INORGÂNICOS, 2, 1990, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1990. p. 32 - 33.
- DIN (Deutsches Institut für Normung). *Conceitos básicos de medição*; conceitos sobre incerteza da medição e sobre avaliação de instrumentos de medida. Belo Horizonte: CDTN, 1991. 38 p. (DIN-1319-et.3) (CDTN-SA-TR-01/91).
- DOLEŽAL, J.; POVONDRA, P.; ŠULCEK, Z. *Decomposition techniques in inorganic analysis*. Londres: Iliffe, 1968. 224 p.
- DORO, M.J. Métodos de preparação de amostra. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONTAMINANTES INORGÂNICOS EM ALIMENTOS, 1, 1988, São Paulo. *Anais...* São Paulo : Instituto Adolfo Lutz, 1988. p.17 - 36.
- DREOSTI, I.E. Trace elements in nutrition. *Med. J. Aust.*, v. 2, p. 117 - 123, 1980.
- DUTRA DE OLIVEIRA, J.E.; SANTOS, A.C.; WILSON, E.D. (Coord.) *Nutrição básica*. São Paulo: Sarvier, 1982. 286 p.
- EL-DASH, A.; CABRAL, L.C.; GERMANI, R. *Uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 89 p. (Coleção Tecnologia de farinhas mistas, v. 3).
- EVANS, W.H.; READ, J.I. Determination of lithium, rubidium and strontium in foodstuffs. *Analyst*, v. 110, p. 619 - 623, 1985.
- FAINTUCH, J.A importância dos oligoelementos na nutrição parenteral. *R. Soc. Bras. Nutr. Parent.*, v. 7, p. 10 - 12, 1986.
- FASSETT, D, W. Oxalates. In: NRC (National Research Council). *Toxicants occurring naturally in foods*. Washington: National Academy of Sciences, 1973. p. 346 - 362.
- FRANCO, G. *Tabela de composição química dos alimentos*. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 230 p.
- FREITAS, R.J.S. Produtos alimentícios com soja. *Bol. CEPPA*, v. 3, p. 42 - 53, 1985.
- GREGER, J.L. Aluminum content of the American diet. *Food Technol.*, v.39, p.73-80, 1985.
- HARLAND, B. F.; HARLAND, J. Fermentative reduction of phytate in rye, white, and whole wheat breads. *Cereal Chem.*, v. 57, p. 226 - 229, 1980.
- HARLAND, B. F.; OBERLEAS, D. Phytate in foods. *World Rev. Nutr. Diet.*, v. 52, p. 235 - 259, 1987.

- IDA, E. I.; POPPER, I.O.P. Implantação de programa de fortificação de alimentos e aspectos tecnológicos sobre níveis de adição. In: REUNIÃO ANUAL DO CONSÓRCIO DAS INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 15, 1994, Pirassununga. *Anais...* São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 1994. p. 38 - 41.
- ISKANDER, F.Y.; DAVIS, K.R.; ASHOUR, H.; HASSAN, F.H. Aluminium content of Egyptian breads. *Food Chem.*, v. 35, p. 197 - 208, 1990.
- JOHNSON, W.M.; MAXWELL, J.A. *Rock and mineral analysis*. 2. ed. New York: John Wiley, 1981. 489 p.
- KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. *Alimentos, nutrição e dietoterapia*. São Paulo: Roca, 1985. 1052 p.
- LACHANCE, P.A. A fortificação como forma de aumentar o valor nutricional do alimento. In: ARAÚJO, R.L. *Situação alimentar e nutricional do Brasil - 1992*. Brasília: Vox, 1992. p. 175 - 184.
- LAJOLO, F.M. As deficiências da composição de alimentos no Brasil, In: REUNIÃO ANUAL DO CONSÓRCIO DAS INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 15, 1994, Pirassununga. *Anais...* São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 1994. p. 2 - 5.
- LEHNINGER, A.L. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 1985. 725 p.
- LIENER, I.E. Nutritional value of food protein products. In: SMITH, A.K.; CIRCLE, S.J. (Ed.). *Soybeans: chemistry and technology - proteins*. Westport: Avi, 1972. p. 203 - 277.
- LONG, J.M. Total parenteral nutrition. *Contemp. Nutr.*, v. 7, (s.p.), 1982.
- LOURES, A. *Obtenção, caracterização e utilização da farinha de banana (Musa sp) em panificação*. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 1989, 132 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).
- LOURES, A.; COELHO, D.T.; CRUZ, R.; LENZA, L.C. Obtenção, caracterização e utilização da farinha de banana (*Musa sp*) em panificação. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 10, p. 72 - 86, 1990.
- MAFFIA, L.M. Uso do milho na alimentação humana. *Inf. Agropec.*, v. 6, p. 72 - 75, 1980.
- MARTYN, C.N.; BARKER, D.J.P.; OSMOND, C.; HARRIS, E.C.; EDWARDSON, J.A.; LACEY, R.F. Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminium in drinking water. *Lancet*, v. 329, p. 59 - 62, 1989.
- MICRONAL. *Manual de instruções*. São Paulo: s.d.
- MONSEN, E.R.; HALLBERG, L.; LAYRISSE, M.; HEGSTED, D.M.; COOK, J.D.; MERTZ, W.; FINCH, C.A. Estimation of available dietary iron. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 31, p. 134 - 141, 1978.
- MONTEIRO, C. A. O mapa da pobreza no Brasil. *Cad. Nutr.*, v. 4, p. 1 - 6, 1992.
- MORRIS, E. R.; ELLIS, R. Bioavailability of dietary calcium: effect of phytate on adult men consuming non-vegetarian diet. IN: NUTRITIONAL *bioavailability of calcium*. Washington: American Chemical Society, 1985. p. 63 - 72 apud HARLAND, B. F.; OBERLEAS, D. Phytate in foods. *World Rev. Nutr. Diet.*, v. 52, p. 235 - 252, 1987.
- NIELSEN, F.H. Other trace elements. In: BROWN, M.L. (Ed.). *Present knowledge in nutrition*. 6. ed. Washington: Nutrition Foundation, 1990, p. 294 - 307.
- NOGUEIRA, N.N.; COLLI, C.; COZZOLINO, S.M.F. Controle da anemia ferropriva em pré-escolares por meio da fortificação de alimento com concentrado de hemoglobina bovina (estudo preliminar). *Cad. Saúde Públ.*, v. 4, p. 459 - 465, 1992.
- NOLAN, K.B.; DUFFIN, P.A.; MCWEENY, D.J. Effects of phytate on mineral bioavailability; *in vitro* studies on Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} and Zn^{2+} (also Cd^{2+}) solubilities in the presence of phytate. *J. Sci. Food Agric.*, v. 40, p. 79 - 85, 1987.

- NRC (National Research Council). *Recommended dietary allowances*. 10. ed. Washington: National Academy Press, 1989. 285 p.
- OBERLEAS, D. Phytates. In: NRC (National Research Council). *Toxicants occurring naturally in foods*. Washington: National Academy of Sciences, 1973. p. 363 - 371.
- OBERLEAS, D.; HARLAND, B.F. Phytate content of foods: effect on dietary zinc bioavailability. *J. Am. Diet. Assoc.*, v. 79, p. 433 - 436, 1981.
- PÃO francês; receita básica. *Bol. Téc. Pão*, v. 15, n. 175, p.10, s.d.
- PASSMORE, R.; NICOL, B.M.; NARAYANA RAO, M. *Manual das necessidades nutricionais humanas*. Rio de Janeiro: Atheneu, 1986. 69 p.
- PEIXOTO, M.J.V.V.D.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R.; PAIVA, E.; REGO, M.M. Perspectiva de utilização de milhos de alta qualidade protéica no Brasil. *Inf. Agropec.*, v. 14, p. 23 - 34, 1990.
- PERKIN-ELMER. *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. Norwalk: © 1973.1 v.
- PULITI, P. Amendoim, o poderoso brasileiro. *Saúde*, n. 11, p. 15 - 25, 1989.
- QUAGLIA, G. *Ciencia y tecnología de la panificación*. Zaragoza: Acribia, 1991. 485 p.
- REIS, O.G.; SANDOLIN, J.; CARVALHO, L.E.; FRAZÃO, A.S. *Adição de farinha de soja à farinha de trigo consumida no país*. Brasília: INAN, 1976. 21 p. (Doc. Técnico 05/76).
- ROUSSELET, F.; THUILLIER, F. Atomic absorption spectrometric determination of metallic elements in pharmaceutical products. *Prog. Anal. At. Spectrosc.*, v. 1, p. 353 - 372, 1979.
- SANTOS, M.C.M.C.T. *Farelo de arroz (Oryza sativa L.): caracterização e potencial de uso em panificação*. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 1992, 135 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).
- SGARBIERI, V.C. *Alimentos e nutrição; fator de saúde e desenvolvimento*. São Paulo: Almed, 1987. 387 p.
- SILVA, M.J.S. *Uso da espectrofotometria de absorção atômica para a determinação de impurezas no carvão*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1983. 208 p. (Dissertação, Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares).
- SILVA, N.V. Trinta e dois milhões de famintos? *Ciência Hoje*, v. 17, p.59 - 62, 1994.
- SINGH, B.; SINGH, U. Peanut as a source of protein for human foods. *Plant Foods Hum. Nutr.*, v. 41, p. 165 - 177, 1991.
- STEKEL, A.; AMAR, M.; CALVO, E.; CHADUD, P.; HERTRAMPF, E.; LLAGUNO, S.; OLIVARES, M.; PIZARRO, F. Nutritional significance of interactions between iron and food components. *Arch. Latinoam. Nutr.*, v. 33, p.33 - 41, 1983.
- STOEWSAND, G.S. Trace metal problems with industrial waste materials applied to vegetable producing soils. In: GRAHAM, H.D. (Ed.). *The safety of foods*. 2. ed. Westport: Avi, 1980. p. 423 - 443.
- SZARFARC, S.C.; STEFANINI, M.L.R.; LERNER, B.R. Anemia nutricional no Brasil. *Cad. Nutr.*, v. 9, p. 5 - 24, 1995.
- TANNENBAUM, S.R.; VERNON, R.Y. Vitamins and minerals. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). *Food chemistry*. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1985. p. 477 - 544.
- UNICEF (Fundo das Nações Unidas para a Infância). *Situação mundial da infância 1994*. Brasília: UNICEF, 1994. 87 p. (Relatório).
- VANNUCCHI, H.; FREITAS, M.L.S.; SZARFARC, S.C. Prevalência de anemias nutricionais no Brasil. *Cad. Nutr.*, v. 4, p. 7 - 26, 1992.
- VANNUCCHI, H.; MENEZES, E.W.; CAMPANA, A.O.; LAJOLO, F.M. (Ed.). *Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira*. Ribeirão Preto: Legis Suma, 1990. 155 p. (Cadernos de Nutrição, 2).
- VARIAN. *Manual de instruções*. São Paulo: © 1977. 15 p.

- VIEIRA, M. Os privilegiados na encosta da serra do Curral. *Estado de Minas*, Belo Horizonte, 14 jan. 1996. Caderno Economia, p. 6.
- VILMA Indústrias Alimentícias. *Curso básico de panificação*. Belo Horizonte, 1995. 72 p. (Apostila).
- VITTI, P.; VALLE, J.L.E. Aproveitamento do soro de leite em panificação e produtos similares. *Colet. Inst. Tecnol. Alim.*, v. 17, p. 67 - 71, 1987.
- WARD, N.I.; MASON, J.A. Neutron activation analysis techniques for identifying elemental status in Alzheimer's disease. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, v. 113, p. 515 - 526, 1987.
- YONG, S.H. Fortification technology. In: AUSTIN, J.E. (Ed.). *Global malnutrition and cereal fortification*. Cambridge: Ballinger, 1979. p. 43 - 80, 293.

90 referências

As publicações do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear estão disponíveis para permuta na Biblioteca, CDTN - Caixa Postal 941 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte - MG - Brasil.
Publications of the Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear are available, on an exchange basis, from the Library, CDTN - Caixa Postal 941 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte - MG - Brazil
Tel. (55) (0XX31) 3499-3336 - Fax: (55) (0XX31)-3499-3169