

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE QUÍMICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Natália Rodrigues Mantuano

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO SEQUENCIAL PARA AVALIAR A
DISTRIBUIÇÃO DOS METAIS Cu, Fe, Mg, Mn e Zn EM FARINHAS
DE RESÍDUOS DE FRUTAS

Rio de Janeiro/RJ

2016

Natália Rodrigues Mantuano

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO SEQUENCIAL PARA AVALIAR A
DISTRIBUIÇÃO DOS METAIS Cu, Fe, Mg, Mn e Zn EM FARINHAS
DE RESÍDUOS DE FRUTAS

Trabalho de conclusão de curso, requisito para obtenção do título de Graduado em Química com atribuições tecnológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Orientadoras: Profa. Dra. Iracema Takase e Profa. Dra. Édira Castello Branco de Andrade Gonçalves

Rio de Janeiro/RJ

2016

Natália Rodrigues Mantuano

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO SEQUENCIAL PARA AVALIAR A
DISTRIBUIÇÃO DOS METAIS Cu, Fe, Mg, Mn e Zn EM FARINHAS
DE RESÍDUOS DE FRUTAS

Trabalho de conclusão de curso
apresentada ao Departamento de Química
Analítica para obtenção do título de
Graduado em Química com atribuições
tecnológicas da Universidade Federal do
Rio de Janeiro.

Aprovado em ___/___/___

Profa. Dra. Iracema Takase
DQA-IQ- UFRJ

Profa. Dra. Édira Castello Branco de Andrade Gonçalves
UNIRIO

Profa. Fernanda Veronesi Marinho Pontes
DQA-IQ- UFRJ

Prof. Marlice Aparecida Sipoli Marques
DQA-IQ- UFRJ

Dedico este trabalho aos meus pais, Marcello e Edilane e aos meus irmãos Natalli e Giuliano.

AGRADECIMENTOS

À Deus por iluminar o meu caminho e pelos momentos de fé que me fizeram seguir adiante.

Aos meus pais, Marcello e Edilane e aos meus irmãos Natalli e Giuliano.

À Profa. Dra. Iracema, pela oportunidade, orientação e ensinamentos adquiridos.

À Profa. Dra. Édira pela orientação e ensinamentos adquiridos.

À Profa. Lola e funcionários da UFRJ; e aos professores, técnicos e funcionários da UNIRIO que estavam sempre dispostos a me ajudar.

Aos Professores membros da banca examinadora.

Aos amigos e amigas da graduação, pela amizade e força que sempre me fizeram seguir adiante e nunca desistir do meu sonho.

À UFRJ e ao Departamento de Química Analítica pela oportunidade de realização desse trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma se fizeram presente, contribuíram ou torceram para que este trabalho se concretizasse.

RESUMO

Com o aumento populacional, aumentam-se também as quantidades de resíduos gerados através dos alimentos e os seus subprodutos como cascas, talos e sementes, de pouco ou nenhum valor econômico, que são descartados nas maiorias das residências e restaurantes. Com o objetivo de diminuir estes resíduos gerados faz-se necessário estudar alternativas viáveis para o seu aproveitamento, transformando os resíduos em produtos de maior valor econômico.

Neste trabalho foram selecionadas as frutas: laranja, maracujá e melancia, por gerarem uma enorme quantidade de resíduo, já que na maioria das vezes apenas a parte líquida e comestível são aproveitadas, enquanto que a casca, talo e sementes, ou seja, os resíduos das frutas são descartados. Os resíduos destas frutas foram transformados em farinhas e a seguir foi avaliado a distribuição dos metais cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco nas frações oriundas de uma extração seqüencial, utilizando-se como extratores: Cloreto de Cálcio 1 mol.L^{-1} ; Ácido acético $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ / Acetato de Amônio 5% - pH 5,0; Ácido Acético $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ e Ácido Clorídrico $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Uma das conclusões é a afirmação de que existem pelo menos cinco espécies químicas presentes nas farinhas de resíduo dessas frutas.

Para as três farinhas de resíduo estudadas, a melhor eficiência de extração para o cobre foi quando utilizou-se o extrator da Fração Carbonácea.

O ferro foi melhor extraído, nas três farinhas de resíduo, com o extrator utilizado na Fração Orgânica, sendo que na farinha de resíduo de laranja além desse extrator, o extrator da Fração Carbonácea também foi eficiente.

Para as três farinhas de resíduos estudadas, o magnésio obteve melhor eficiência de extração quando utilizou-se o extrator da Fração Oxídica.

O manganês foi melhor extraído, nas três farinhas de resíduo, com o extrator utilizado na Fração Carbonácea, sendo que na farinha de resíduo de maracujá além desse extrator, o extrator da Fração Trocável também foi eficiente.

Já o zinco, para a farinha de resíduo de laranja, foi melhor extraído com os extratores utilizados nas Frações Carbonácea e Orgânica; para a farinha de resíduo de maracujá, foi melhor extraído com o extrator utilizado na Fração Trocável e para a farinha de melancia, foi melhor extraído com o extrator utilizado na Fração

Carbonácea.

Pode-se afirmar que as farinhas obtidas através dos resíduos das frutas apresentam quantidades significativas de metais essenciais à vida humana e pode ser incluído como uma alternativa na fonte de alimentação, por exemplo, para o enriquecimento em pães, sucos, fabricação de bolos e biscoitos, etc. Esta ação visa a diminuição da geração de resíduo e conseqüentemente redução do desperdício, contribuindo então com o meio ambiente, seguindo a hierarquia dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar).

Palavras-chave: Extração sequencial. Farinha de resíduo de fruta. Aproveitamento integral das frutas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Fluxograma de produção da farinha de resíduo de fruta._____38
- Figura 2** - Fruta limpa, sanitizada e cortada._____39
- Figura 3** - Processo de centrifugação da fruta._____39
- Figura 4** - Resíduo sólido usado na preparação da farinha._____39
- Figura 5** - Amostras na estufa ventilada._____40
- Figura 6** - Amostra triturada e finalizada._____40
- Figura 7** - Pesagem e embalagem._____40
- Figura 8** - Esquema do procedimento da extração sequencial._____43
- Figura 9** - Gráfico de comparação do teor total (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia.____45
- Figura 10** - Gráfico da comparação de % de cobre entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.____55
- Figura 11** - Gráfico da comparação de % de ferro entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.____56
- Figura 12** - Gráfico da comparação de % de magnésio entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.____57
- Figura 13** - Gráfico da comparação de % de manganês entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.____58

Figura 14 - Gráfico da comparação de % de zinco entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.____59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condições operacionais para análise em Espectrômetro de absorção atômica em chama._____44

Tabela 2 - Teor total (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia._____45

Tabela 3 - Teor (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinha de resíduo de laranja, obtidos nas frações da extração seqüencial._____47

Tabela 4 - Comparação entre o teor total e o teor total obtido pela extração seqüencial, em mg%, de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em farinha de resíduo de laranja.____48

Tabela 5 - Teor (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinha de resíduo de maracujá, obtidos nas frações da extração seqüencial._____50

Tabela 6 - Comparação entre o teor total e o teor total obtido pela extração seqüencial, em mg%, de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em farinha de resíduo de maracujá._____51

Tabela 7 - Teor (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinha de resíduo de melancia, obtidos nas frações da extração seqüencial._____53

Tabela 8 - Comparação entre o teor total e o teor total obtido pela extração seqüencial, em mg%, de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em farinha de resíduo de melancia._____54

Tabela 9 - Comparação de % de cobre entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração seqüencial._____55

Tabela 10 - Comparação de % de ferro entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração seqüencial._____56

Tabela 11 - Comparação de % de magnésio entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração seqüencial._____57

Tabela 12 - Comparação de % de manganês entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração seqüencial._____58

Tabela 13 - Comparação de % de zinco entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração seqüencial._____59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
EAA	Espectroscopia de absorção atômica
FR	Farinha de resíduo
FRF	Farinha de resíduo de fruta
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDR	Ingestão Diária Recomendada
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNIRIO	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

LISTA DE SÍMBOLOS

Cu	Cobre
Mn	Manganês
Mg	Magnésio
Fe	Ferro
Zn	Zinco
HCl	Ácido clorídico
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
CH ₃ COOH	Ácido acético
CH ₃ COONH ₄	Acetato de amônio
MgCl ₂	Cloreto de magnésio
KNO ₃	Nitrato de potássio
NH ₄ OAc	Acetato de amônio
HF	Ácido fluorídrico
HClO	Ácido perclórico
HNO ₃	Ácido nítrico
NaOCl	Hipoclorito de sódio
Na ₄ P ₂ O ₇	Pirofosfato de sódio
K ₄ P ₂ O ₇	Pirofosfato de potássio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A IMPORTÂNCIA DAS FRUTAS

3.1.1. Laranja

3.1.2. Maracujá

3.1.3. Melancia

3.2. A IMPORTÂNCIA DOS METAIS ANALISADOS

3.2.1. Cobre

3.2.2. Ferro

3.2.3. Magnésio

3.2.4. Manganês

3.2.5. Zinco

3.3. APROVEITAMENTO INTEGRAL DAS FRUTAS

3.4. FARINHA DE RESÍDUO DE FRUTA (FRF)

3.5. EXTRAÇÃO SEQUENCIAL

3.5.1. Fração Trocável

3.5.2. Fração Carbonácea

3.5.3. Fração Oxídica

3.5.4. Fração Orgânica

3.5.5. Fração Residual

4. METODOLOGIA

4.1. PREPARO DA FARINHA DE RESÍDUO DE FRUTA

4.1.1. Amostras de frutas

4.1.2. Preparo da farinha de resíduo

4.2. DETERMINAÇÃO DOS METAIS

4.2.1. Determinação do teor total dos metais

4.2.2. Determinação dos metais extraídos em cada fase da extração sequencial

4.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. DETERMINAÇÃO DO TEOR TOTAL DOS METAIS

5.2. DETERMINAÇÃO DOS METAIS EXTRAÍDOS NAS FASES DA EXTRAÇÃO SEQUENCIAL

5.2.1. Farinha de resíduo de laranja

5.2.2. Farinha de resíduo de maracujá

5.2.3. Farinha de resíduo de melancia

5.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS FARINHAS DE RESÍDUO EM RELAÇÃO A CADA METAL DETERMINADO

5.3.1. Cobre

5.3.2. Ferro

5.3.3. Manganês

5.3.4. Magnésio

5.3.5. Zinco

6. CONCLUSÃO

7. REFERÊNCIAS

1. INTRODUÇÃO

A Ingestão Diária Recomendada (IDR) é a quantidade de vitaminas, minerais e proteínas que deve ser consumida diariamente para atender às necessidades nutricionais da maior parte dos indivíduos e grupos de pessoas de uma população sadia.

Para a população consumir equilibradamente os nutrientes de acordo com a IDR são necessários dados sobre composições de alimentos. A obtenção desses dados tem sido estimulada com o objetivo de reunir informações atualizadas, confiáveis e adequadas à realidade nacional. A composição de alimentos é importante para inúmeras atividades, como por exemplo, para avaliar o suprimento e o consumo alimentar de um país, verificar a adequação nutricional da dieta de indivíduos e de populações, avaliar o estado nutricional, desenvolver pesquisas sobre as relações entre dieta e doença, em planejamento agropecuário, na indústria de alimentos, além de outras (ANVISA, 2000; HOLDEN, 1997).

Frutas são exemplos de importantes fontes de elementos essenciais. Os minerais desempenham uma função vital no peculiar desenvolvimento e boa saúde do corpo humano e as frutas são consideradas as principais fontes de minerais necessários na dieta humana.

No entanto, devido às dificuldades econômicas atuais, torna-se cada vez mais difícil adquirir alimentos adequados ao consumo diário, razão pela qual a alimentação equilibrada é atualmente uma das maiores preocupações do nosso cotidiano. A fome e o desperdício de alimentos são dois dos maiores problemas que o Brasil enfrenta, constituindo-se em um dos paradoxos de nosso país. Produzimos 140 milhões de toneladas de alimentos por ano, somos um dos maiores exportadores de produtos agrícolas do mundo e, ao mesmo tempo, temos milhões de excluídos, sem acesso ao alimento em quantidade e/ou qualidade.

Como o homem necessita, de qualquer modo, de uma alimentação sadia, rica em nutrientes, isto pode ser alcançado com partes de alimentos que normalmente são desprezadas. Sendo assim, é importante a utilização de cascas, talos e folhas, pois o aproveitamento integral dos alimentos, além de diminuir os gastos com a alimentação, melhora a qualidade nutricional do cardápio, reduz o desperdício de alimentos e torna possível a criação de novas receitas, como, por exemplo, sucos,

doces, geléias e farinhas (GONDIM, 2005; HARDISSON, 2001).

Dentre a enorme variedade de frutas encontradas no Brasil, as que foram selecionadas para serem estudadas nesse trabalho foram laranja, maracujá e melancia, pela facilidade de serem encontradas em qualquer época do ano, por serem frutas de grande consumo em nosso país e por gerarem uma enorme quantidade de resíduo, já que na maioria das vezes apenas a parte líquida e comestível são aproveitadas, enquanto que a casca, talo e sementes, ou seja, os resíduos das frutas são descartados.

Com o objetivo de diminuir a geração de lixo orgânico e estudar mais sobre a composição centesimal das farinhas de resíduo, cada vez mais encontramos trabalhos sobre farinhas feitas a partir do resíduo não só de frutas, mas como também de hortaliças e vegetais. Esses estudos mostram que a farinha de resíduo pode ser usada na fabricação de produtos como bolo, pães e biscoitos, pois apresentam em sua composição centesimal, por exemplo, valores de umidade, lipídios, proteínas, fibras e carboidratos similares ou até maiores que os encontrados na parte comestível, sendo assim essas farinhas de resíduos podem ser perfeitamente incluídas na preparação de diversas receitas.

Assim o presente trabalho tem como objetivo a determinação de minerais que são extremamente essenciais à saúde humana, como o Cu, Fe, Mg, Mn e Zn, presentes em farinhas de resíduo de frutas. Além da determinação do teor total desses metais, foi utilizada a técnica de extração sequencial para determinar o teor dos metais extraídos em cada fração da extração. Com esse resultado, pode-se selecionar o melhor extrator para um determinado metal e o resultado obtido também pode ser utilizado em trabalho futuro como uma forma de aprofundamento do estudo, a fim de se obter informações, como por exemplo, sobre a biodisponibilidade, que indica a proporção dos elementos que são absorvidos e utilizados pelo organismo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Determinação de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em farinha de resíduo de fruta utilizando a metodologia da extração sequencial.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinação do teor total de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em farinha de resíduo de fruta;
- Determinação do teor de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn extraídos em cada fração da extração seqüencial obtida operacionalmente;
- Verificar o comportamento dos extratores utilizados na extração sequencial.
- Uso da prática dos 3 R's (reduzir, reutilizar e reciclar)

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A IMPORTÂNCIA DAS FRUTAS

As vitaminas e os minerais são substâncias presentes nos alimentos de origem vegetal ou animal em quantidades muito pequenas quando comparadas aos carboidratos, proteínas e gorduras, mas que são essenciais à saúde e à nutrição adequadas. Embora muitos alimentos contenham essas substâncias, as frutas, legumes e verduras são especialmente ricos em várias vitaminas e minerais.

Frutas são ricas em vitaminas, minerais e fibras e devem estar presentes diariamente nas refeições, pois contribuem para a proteção à saúde e diminuição do risco de ocorrência de várias doenças. Evidências mostram que a participação das frutas na alimentação do brasileiro é baixa e que a maioria da população não consome a quantidade recomendada por dia, o que seria aproximadamente 2-3 porções.

O consumo mínimo recomendado de frutas, legumes e verduras é de 400 g.dia⁻¹ para garantir 9% a 12% da energia diária consumida, considerando uma dieta de 2.000 kcal. Isso significa aumentar em pelo menos três vezes o consumo médio atual da população brasileira (MS, 2005).

3.1.1. Laranja

A laranja é uma das frutas mais cultivadas e conhecidas em todo o mundo. Originada na Ásia (provavelmente na China) por volta de 4.000 anos atrás, a laranja foi introduzida no Brasil pelos portugueses na época da colonização, século XVI. A laranja espalhou-se pelo mundo sofrendo mutações e dando origem a novas variedades. Durante a maior parte desse período, a citricultura ficou entregue à sua própria sorte – o cultivo de sementes modificava aleatoriamente o sabor, o aroma, a cor e o tamanho dos frutos.

Segundo a pesquisa de Produção Agrícola Municipal realizada pelo IBGE, foram produzidas em 2012, 18.012.560 toneladas de laranja.

Essencialmente, uma laranja é composta por diversas vesículas de suco protegidas por uma película de cera, a casca. É na casca que estão as substâncias

responsáveis pelo aroma e pela cor da fruta. Já a parte comestível é composta por segmentos que possuem vesículas de suco, além de sementes. O suco natural da fruta contém açúcares, ácidos, vitaminas, minerais, pectinas e pigmentos, dentre outros componentes (ABECITRUS, 2015).

3.1.2. Maracujá

O maracujá tem origem na América Tropical, pertence à família Passifloraceae e apresenta grande variabilidade, porém é cultivada comercialmente principalmente a *Passiflora edulis*, conhecida como maracujá-amarelo ou azedo. É um fruto apreciado pelo seu aroma e sabor exóticos, constitui fonte de vitamina C, cálcio e fósforo e ainda possui em sua composição diversos compostos bioativos com reconhecidas propriedades terapêuticas, como glicosídeos, alcalóides e compostos fenólicos (MELETTI, 1999; DHAWAN, 2004).

Segundo a pesquisa de Produção Agrícola Municipal realizada pelo IBGE, foram produzidas em 2012, 776.097 toneladas de maracujá, fazendo o Brasil ocupar um papel de destaque, sendo o maior produtor mundial do fruto.

Apesar de ainda ser comercializado principalmente para o consumo direto “*in natura*”, a industrialização do maracujá para produção de suco concentrado e polpa congelada tem obtido cada vez maior importância econômica. Ao fim do processamento, aproximadamente 70 a 80% do peso do fruto não é aproveitado pela indústria de suco, gerando um volume significativo de resíduo, o que faz crescer o número de trabalhos que buscam a utilização desse resíduo no desenvolvimento de produtos alimentícios destinados à população (FERRARI, 2004; LOPES, 2010).

3.1.3. Melancia

A melancia pertence à família das cucurbitáceas, sendo originária do continente africano. No Brasil, a cultura encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento tornando-se, hoje, uma das mais importantes frutas produzidas e consumidas no país sendo superada apenas pelo tomate, batata e cebola. Seus frutos são utilizados tanto na alimentação humana como animal. Em algumas

regiões, as sementes são consumidas tostadas e dessas pode-se extrair um óleo de boa qualidade, cujo conteúdo varia de 20 a 45%. A casca do fruto pode ser utilizada na fabricação de doce, bem como na alimentação de alguns animais, tais como patos, galinhas e porcos (CASTELLANE, 1995; MIRANDA, 1997).

Segundo a pesquisa de Produção Agrícola Municipal realizada pelo IBGE, foram produzidas em 2012, 2.079.547 toneladas de melancia.

A melancia é uma fruta composta basicamente de água (cerca de 97%), com sabor adocicado, possui características medicinais e auxilia no tratamento de problemas urinários, intestinais e respiratórios. Em média uma melancia apresenta apenas 22 calorias e uma composição vitamínica onde se encontram as vitaminas A, C, B₁ e B₂ (CARVALHO, 2005).

3.2. A IMPORTÂNCIA DOS METAIS ANALISADOS

3.2.1. Cobre

O cobre é um mineral-traço essencial para os seres humanos. Desempenha um papel singular na respiração. A proteína hemoglobina carrega a maior parte do oxigênio do sangue e conta com o cobre e o ferro para sua síntese e funcionamento. Ele também participa da produção de colágeno, a proteína responsável pela integridade funcional dos ossos, cartilagens, pele e tendões; da elastina, a principal proteína responsável pelas propriedades elásticas dos vasos sanguíneos, pulmões e pele; do neurotransmissor noradrenalina, uma molécula chave para o funcionamento do sistema nervoso; e da formação de melanina, pigmento encontrado na pele e nos cabelos.

O cobre ainda ajuda a proteger o organismo contra a destruição provocada pelo oxidantes, através da enzima superóxido dismutase de cobre-zinco, bem como da proteína ceruloplasmina, que oxidando o ferro, inibe a formação de radicais livres a partir do ferro, sendo assim o cobre é considerado um dos antioxidantes mais importantes do sangue. Previne a peroxidação (rancidez) dos ácidos graxos poliinsaturados e mantém a integridade das membranas celulares (HENDLER, 1994).

Embora nas disciplinas de bioquímica serem amplamente discutidas as funções de proteínas que requerem cobre para suas atividades, como as citadas acima, é muito menos difundido o fato do cobre desempenhar um papel importantíssimo no metabolismo humano como um todo e o conhecimento de que as variações de sua concentração podem provocar graves transtornos e até enfermidades (SARGENTELLI, 1996).

Dentre os sintomas de deficiência de cobre estão uma anemia que responde ao ferro, a redução da contagem de células brancas do sangue e a perda de densidade óssea (osteoporose) (HENDLER, 1994).

Os teores mínimos de cobre em vários fluidos são, em $\mu\text{g}/100\text{mL}$: soro (72), plasma (75), eritrócitos (71), fluido espinhal (6), saliva (10) e fluidos digestivos (63). O metal também é encontrado em muitos tecidos e em teores mínimos diferentes. Alguns exemplos, dados em $\mu\text{g}/100\text{mg}$ de tecido são: cérebro (40), pulmão (500),

coração (340), músculo (640), dentes (520), ossos (370), baço (120), rim (200) e fígado (1500). Como pode ser observado, o elemento está distribuído praticamente em todo o organismo, mas em diferentes concentrações o que indica seu papel funcional. É certo que para um metabolismo balanceado, o cobre precisa estar presente na dieta alimentar (COMAR, 1968).

O cobre é absorvido de 40 à 50% do total ingerido; a absorção se dá no estômago e no duodeno proximal, a enzima metalotiméina intervém na absorção, ligando-se ao cobre e outros minerais. A absorção pode ser ativa, absorção de complexos de cobre e aminoácidos, e por difusão, que envolve a ligação do cobre nas duas funções protéicas encontradas na mucosa duodenal. O cobre é transportado para o fígado ligado à albumina e transcupeína, incorporando-se então à cemiloplasmina e várias metaloenzimas, que permitem o transporte de cobre para os tecidos extra hepáticos (SHILS, 2003). Num indivíduo do sexo masculino a excreção ocorre através da urina, na forma de íons Cu^{2+} livres, e através das fezes, na forma de sulfeto. Na mulher há ainda outra forma de excreção que é através do fluxo menstrual, também como cátions livres (SARGENTELLI, 1996).

3.2.2. Ferro

O ferro é um elemento classificado como micronutriente, que também pode ser chamado de “elemento-traço”, por ser um mineral necessário em pequenas quantidades diárias (miligramas ou microgramas), para a manutenção da normalidade metabólica e funcionamento adequado das células. O ferro foi reconhecido como um nutriente essencial há mais de um século, este metal do grupo oito da classificação periódica é um dos micronutrientes mais estudados e de melhor caracterização quanto ao seu metabolismo (SILVA, 2011).

O ferro participa do processo completo da respiração, que é o processo de queima de alimentos (carboidratos, gorduras, proteínas) para produzir energia, sem a qual a vida não poderia existir. A hemoglobina é a proteína que transporta grande parte do oxigênio nas hemácias, sua função e síntese dependem profundamente do ferro. Ao lado desse papel fundamental na produção de energia biológica, o ferro participa da produção de carnitina, uma pequena molécula necessária para a oxidação dos ácidos graxos. O ferro desempenha papéis na produção de colágeno e

elastina, dois componentes necessários na integridade do tecido conjuntivo, na manutenção do sistema imunológico, na produção e regulação de vários neurotransmissores cerebrais e na proteção contra danos provocados por oxidantes.

A condição mais comumente associada à deficiência de ferro é a anemia ferropriva que tem como sintomas palidez e dificuldade de respiração, acontecendo com maior frequência em crianças, gestantes e idosos (HENDLER, 1994).

O organismo possui pequena quantidade de ferro (5g) e sua concentração sanguínea é 10 vezes maior que todo o corpo. Depósitos de ferro no fígado, baço e medula óssea também contribuem para a concentração férrea, sendo encontrados em pequenas quantidades na mioglobina do músculo, na forma de transporte ligado à transferina no sangue, e em todas as células como constituintes de enzimas. O ferro no organismo tem dupla origem, ferro exógeno (dos alimentos ingeridos) e ferro endógeno (destruição das hemácias).

Para a sua absorção é necessário que seja solúvel, ionizável e ultrafiltrável, que são formas inorgânicas (cloreto ferroso, carbonato ferroso). A absorção pode ocorrer em qualquer lugar do intestino delgado, porém é mais eficiente no duodeno, na primeira porção, isso se dá pelo meio ainda pouco ácido. O ferro é excretado em pouca quantidade fecal e urinária. Durante o ciclo menstrual são perdidos de 0,5 a 1 mg/dia, como hemoglobina (SHILS, 2003).

3.2.3. Magnésio

O magnésio não é considerado um mineral-traço e é um mineral de grande importância em nosso corpo. A maioria se encontra em nossos ossos e nos líquidos do interior das células. O magnésio é absolutamente essencial à vida. É necessário para todos os principais processos biológicos, inclusive o metabolismo da glicose, a produção de energia celular e a síntese de ácidos nucléicos e proteínas. É importante também para a estabilidade elétrica das células, manutenção da integridade da membrana, contração muscular, condução nervosa e controle do tônus vascular.

A deficiência de magnésio é caracterizada por perda de apetite, náusea, vômitos, diarreia, confusão, tremores, perda de coordenação e, ocasionalmente,

convulsões fatais (HENDLER, 1994).

O magnésio é absorvido na porção jejuíno/íleo do intestino delgado, circula ligado à albumina e a vitamina D aumenta sua absorção intestinal (SHILS, 2003).

3.2.4. Manganês

Um dos principais papéis do manganês é o de antioxidante e, como tal, pode ajudar a proteger os seres humanos das formas tóxicas do oxigênio. É um elemento que ocorre naturalmente, em pequenas quantidades e é essencial para o ser humano. No entanto, quando presente no organismo em elevadas quantidades pode causar efeitos tóxicos a diferentes níveis, sendo os mais preocupantes no nível do sistema nervoso central. Essa exposição excessiva pode causar efeitos neurológicos ou neuropsiquiátricos, como alucinações, instabilidade emocional, fraqueza, distúrbios de comportamento e da fala, características de uma doença semelhante ao Mal de Parkinson, o Manganismo. Além desses distúrbios, causa alteração na expressão facial, tremores, ataxia, rigidez muscular e distúrbio da marcha (HENDLER, 1994; AZEVEDO, 2003).

Existe um relato de algo que poderia ser deficiência de manganês no homem. Neste caso, a deficiência de manganês se desenvolveu em um paciente mantido durante quatro meses em uma dieta deficiente em manganês, e dentre os sinais e sintomas incluíram-se: diminuição do colesterol plasmático, coagulação sanguínea diferente, cor avermelhada nos cabelos e na barba, crescimento lento das unhas e dos cabelos e dermatite escamosa. Sugere-se que, nos seres humanos, esse elemento funcione na síntese da glicoproteína e do colesterol (HENDLER, 1994).

O manganês é pouco absorvido pelo intestino, a maior parte é rejeitada pelo duodeno e eliminada pelas fezes. Transportado na corrente sanguínea ligado à proteína específica (transmaganina) é levada para o sangue e tecidos para armazenamento (mitocôndria celular hepática). O cálcio e o fósforo diminuem sua absorção (SHILS, 2003).

3.2.5. Zinco

O zinco é firmemente estabelecido como um dos principais protetores do

sistema imunológico e um grande antagonista de doenças. A atividade de mais de duzentas enzimas (catalisadores biológicos) exige o metal-traço zinco. Dentre elas estão as enzimas envolvidas na produção dos ácidos nucleicos DNA e RNA, as substâncias que determinam nossa herança biológica. O zinco também tem um papel a desempenhar na estrutura e funcionamento das membranas celulares.

Dentre os sinais de deficiência moderada a severa de zinco estão o retardo do crescimento, falta de apetite, mau funcionamento das glândulas sexuais, letargia mental, má cicatrização de feridas, anormalidade no paladar, olfato e visão, alterações na pele e maior suscetibilidade a infecções (HENDLER, 1994).

É absorvido passivamente no duodeno e jejuno. O zinco combina-se no plasma, e após liberar-se dos alimentos forma complexos ligantes endógenos e exógenos com a histidina, ácido cítrico e ácido picolínico. Combina-se no plasma e no sangue com a albumina e ácidos no teor de 55% e com 40% com miocoglobulinas, não se destinando ao uso metabólico. Armazena-se no fígado, tecido muscular, unha, pâncreas e ossos. A excreção é feita pela iminência, cabelo, pele e sêmem (SHILS, 2003).

3.3. APROVEITAMENTO INTEGRAL DAS FRUTAS

A alimentação é a base da vida e dela depende o estado de saúde do ser humano. O desconhecimento dos princípios nutritivos do alimento, bem como o seu não aproveitamento, ocasiona o desperdício de toneladas de recursos alimentares. O desperdício é um sério problema a ser resolvido na produção e distribuição de alimentos, principalmente nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. O crescimento da população mundial, mesmo que amparado pelos rápidos avanços da tecnologia, nos faz crer que o desperdício de alimentos é uma atitude injustificável. Por isso, não podemos mais desperdiçar (SESC, 2003).

Estima-se que 30% da produção mundial de alimentos sejam desperdiçados devido às falhas no sistema de colheita, transporte, armazenagem e comercialização. No Brasil, a situação não é diferente, onde aproximadamente 70 mil toneladas de alimentos são jogadas no lixo diariamente, o que torna esse lixo um dos mais ricos do mundo, sendo o Brasil considerado o país do desperdício. Chegamos a perder mais de 12 bilhões de reais por ano com o desperdício de alimentos. Os supermercados jogam fora 13 milhões de toneladas de alimentos por ano. Nas feiras livres de São Paulo, mais de mil toneladas vão para o lixo todos os dias. Segundo dados do IBGE, o desperdício no consumo doméstico de alimentos chega a 20%.

Pouca gente sabe, mas as partes vistas como “menos nobres” dos alimentos (casca, talos e sementes) têm grande valor nutritivo, pois são ricas em vitaminas (especialmente A e C), além de ferro, potássio e outros nutrientes. Ou seja, aproveitar integralmente os alimentos não faz bem apenas ao meio ambiente e à sociedade, mas também ao corpo e à mente.

A forma mais comum de desperdício caseiro é a distorção no uso do alimento. Talos, folhas e cascas são, muitas vezes, mais nutritivos do que a parte dos alimentos que estamos habituados a comer. Um quarto de toda produção nacional de frutas, verduras e legumes não são aproveitados. Utilizar o alimento em sua totalidade significa mais do que economia. Significa usar os recursos disponíveis sem desperdício, reciclar, respeitar a natureza e alimentar-se bem, com prazer e dignidade.

O desconhecimento dos princípios nutritivos do alimento, bem como o seu

não aproveitamento, ocasiona o desperdício de toneladas de recursos alimentares. O combate ao desperdício pode começar de maneira bem simples, como através do aproveitamento integral dos alimentos, além do planejamento do que se coloca no prato (para não precisar jogar fora) e da programação do consumidor antes de ir ao supermercado (para comprar apenas o necessário).

É importante a utilização de cascas, talos e folhas, pois o aproveitamento integral dos alimentos, além de diminuir os gastos com alimentação e melhorar a qualidade nutricional do cardápio, reduz o desperdício de alimentos, e torna possível a criação de novas receitas (BADAWI, 2006).

Pensando em buscar uma solução para diminuir o desperdício de alimentos, a Federação Brasileira de Bancos – Febraban e o Instituto Akatu lançaram o aplicativo “Nossa Alimentação”, uma ferramenta gratuita para estimular a população a consumir com consciência. “O planejamento de compras além de impacto direto na economia doméstica, tem impacto positivo também no meio ambiente. Ao evitar o desperdício de alimentos, cada pessoa deixa de descartar toda a água, energia e outros recursos naturais que são utilizados para a sua produção”, afirma Helio Mattar, diretor-presidente do Instituto Akatu (AKATU, 2015).

Já em Seattle, Washington, nos Estados Unidos, o governador aprovou por unanimidade lei que aplicará multa nos cidadãos que encherem suas latas de lixo com mais de 10 % de alimentos orgânicos. A lata de lixo que for pega em flagrante desperdiçando comida será fichada em um sistema de computadores e seu dono receberá, no mês seguinte, multa que será cobrada junto com a taxa de lixo que os cidadãos de Seattle já pagam periodicamente. A multa tem baixo custo, pois a ideia da nova medida não é aumentar a arrecadação da prefeitura, mas sim incentivar as pessoas a comprar com consciência e compostar o lixo que produzem (AKATU, 2014).

Uma outra solução seria a fabricação de farinhas utilizando as partes dos alimentos que geralmente são descartadas, como cascas, talos e sementes. Além dos minerais encontrados nas farinhas, estes têm potencial para ser incluída na dieta como uma fonte de fibras, podendo ser utilizada no enriquecimento de produtos como pães, biscoitos e barras de cereais, melhorando suas qualidades nutricionais e tecnológicas, sendo também uma alternativa para reduzir o desperdício de subprodutos da indústria alimentícia (SOUZA, 2008).

A eliminação ou minimização das perdas de alimentos apresenta as seguintes vantagens:

- O suprimento de alimento pode ser significativamente aumentado, sem aumentar a área de cultivo e sem utilizar grandes quantidades de energia, água e capital;
- Eliminação de energia gasta para produzir e comercializar o alimento perdido;
- Redução na poluição em decorrência da redução da matéria orgânica em decomposição;
- Melhor satisfação das necessidades do consumidor e melhor nutrição, com a mesma quantidade de energia, terra, água e trabalho (MARTINS, 2002).

3.4. FARINHA DE RESÍDUO DE FRUTA (FRF)

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, farinhas “são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos”.

Como uma forma de evitar o desperdício e minimizar o problema da desnutrição em comunidades carentes, vários trabalhos abordam o estudo sobre a composição dos resíduos desidratados e a sua incorporação em biscoitos, pães, etc. (ABUD, 2009).

Além do desperdício e combate à desnutrição, há a crescente preocupação com o descarte destes resíduos, que podem levar a problemas ambientais pela presença de substâncias de alto valor orgânico, potenciais fontes de nutrientes para microrganismos, como também a perdas de biomassa e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para controlar a poluição. Inúmeros estudos utilizando resíduos industriais do processamento de alimentos têm sido realizados visando à redução do impacto ambiental e o desenvolvimento de tecnologias que agreguem valor aos produtos obtidos (KOBOR, 2005; LAUFENBERG, 2003; PELIZER, 2007).

Pesquisas realizadas nos últimos anos sobre as propriedades funcionais da casca e semente de maracujá revelaram que esses componentes apresentam um grande valor nutritivo. A casca de maracujá é rica em pectina, niacina (vitamina B₃), ferro, cálcio e fósforo. Em humanos, a niacina atua no crescimento e na produção de hormônios, assim como previne problemas gastrointestinais. Os minerais atuam na prevenção da anemia (ferro), no crescimento e fortalecimento dos ossos (cálcio) e na formação celular (fósforo). A casca representa 50,3 % da composição mássica da fruta e não pode mais ser considerada como resíduo industrial, uma vez que suas características e propriedades funcionais podem ser utilizadas para o desenvolvimento de novos produtos. Já as sementes são representadas por 26,2 % da composição mássica da fruta e apresentam grande quantidade de óleo com elevado teor de ácidos graxos insaturados (FERRARI, 2004; CORDOVA, 2005; MEDINA, 1980).

Em estudo realizado com a farinha de albedo (parte branca) da laranja, a

umidade (11,75 %) da farinha ficou dentro do máximo permitido pela legislação brasileira; apresentou um baixo teor de gorduras (0,42 %) e calorias em torno de 18 % a menos que a farinha de trigo. A fibra bruta da farinha de albedo da laranja (16,20 %) é cinco vezes maior, em comparação a uma farinha tradicional de trigo (3,2 %), podendo ser considerada um ingrediente funcional. A farinha de albedo de laranja é uma excelente alternativa para enriquecimento de produtos de panificação, agregando não só valor econômico como valor nutricional, com considerável teor de fibras (BUBLITZ, 2013).

3.5. EXTRAÇÃO SEQUENCIAL

Conceitualmente, os materiais sólidos podem ser divididos em frações específicas podendo ser extraídos seletivamente por utilização de reagentes adequados. O uso de extrações sequenciais, embora consuma mais tempo em relação a outras técnicas, fornece informações detalhadas sobre a origem, modo de ocorrência, mobilização e transporte de metais traço, entre outros. No método de extração sequencial, uma mesma amostra é submetida a uma série de extrações contínuas, em frações definidas, cujo poder de extração aumenta, teoricamente, a cada fração. O extrator atua modificando as propriedades que influenciam na interação do metal com a fase sólida, promovendo a sua solubilização para que possa ser dosado por um método analítico conveniente (SPOSITO, 1989).

Diversos estudos foram realizados utilizando a extração sequencial em alimentos, como por exemplo, o de Andrade e colaboradores (2004), o qual teve por objetivo realizar a determinação de cobre em diferentes extratos de hortaliças do tipo A e B. Esses autores chegaram à conclusão de que o cobre encontra-se sob a forma de no mínimo 6 espécies químicas distintas e que estudos que permitam a identificação dos compostos extraídos pelos diferentes extratos utilizados poderão ser de grande valia para avaliação da biodisponibilidade do cobre.

Andrade e colaboradores (2005) ao avaliarem a extração sequencial de cobre, ferro e zinco em ervas medicinais, chegaram à conclusão que os teores desses metais em ervas medicinais podem ser considerados adequados ao se comparar com outras fontes de alimentos de origem vegetal, sendo portanto consideradas como fontes de suplementação desse metais. Esses mesmos autores afirmam que 25 g dessas ervas poderão fornecer cerca de 10 % da ingestão diária recomendada para ferro e cobre e cerca de 7,5 % para o zinco e afirmam também que os metais se encontram nas ervas analisadas sob no mínimo 4 espécies químicas diferentes. Técnicas de especificação química que identifiquem os compostos extraídos pelo método da extração seqüencial podem auxiliar na elucidação da biodisponibilidade destes metais, auxiliando conseqüentemente na identificação dos processos de absorção e estimular o uso destas ervas como ingredientes de preparos alimentícios.

Um estudo realizado por Nascimento e colaboradores (2013) feito em Olerícolas Orgânicas e Convencionais Comercializadas em Imperatriz (Maranhão), utilizou a técnica de extração sequencial para avaliar a disponibilidade de ferro e cobre, e também verificar se o teor disponível desses nutrientes está dentro do limite tolerável de ingestão diária recomendada pela organização mundial da saúde. Nesse estudo as hortaliças estudadas foram: Abobrinha (*Cucúrbita pepo* L.) e Pepino (*Cucumis sativus* L.). Os teores de Fe^{3+} e Cu^{2+} total nas amostras de hortaliças foram determinados utilizando a extração nitro-perclórica (3:1). Com os resultados obtidos percebeu-se que todas as hortaliças avaliadas apresentaram teor de ferro e cobre adequados de acordo com a Embrapa e a Organização Mundial da Saúde. Notou-se também que o ferro e o cobre disponíveis presente no pepino e na abobrinha de cultivo convencional é maior que os teores encontrados nessas mesmas hortaliças de sistema orgânico. Dentre as hortaliças avaliadas, a abobrinha orgânica apresenta o menor teor de cobre biodisponível, o que indica que essa hortaliça não representa uma fonte viável para fornecer esse mineral para os organismos vivos.

Diante disso, verificamos que os estudos que abordam a determinação de nutrientes em alimentos são importantes, pois permitem verificar através da técnica de extração sequencial a concentração disponível de determinados metais extraídos em cada fração da extração.

A extração sequencial introduzida por Tessier e colaboradores baseia-se em extrações em cinco estágios: a trocável, a ligada a carbonatos, a ligada à oxihidróxidos de ferro e manganês, a ligada à matéria orgânica e a residual. Para entender mais sobre os mecanismos envolvidos entre os elementos químicos e os extratores é necessário conhecer cada fase da extração, sendo assim, em seguida serão tratadas as principais frações de uma extração seqüencial, adaptadas pelo método proposto por Tessier (TESSIER, 1979).

3.5.1. Fração Trocável

A fração trocável inclui metais fracamente adsorvidos, retidos na superfície sólida por interações eletrostáticas relativamente fracas, metais que podem ser

liberados através de processos de troca iônica. Mudanças na composição iônica influenciam reações de adsorção-desorção, ou a redução de pH pode causar remobilização de metais a partir desta fração. Os reagentes utilizados para esta finalidade são sais de ácidos fortes ou sais de ácidos fracos e bases a pH 7,0. Dessa forma, sais neutros como $MgCl_2$, $CaCl_2$, KNO_3 ou mesmo NH_4OAc , são comumente escolhidos para extrair metais, por deslocamento de sítios de adsorção (URE, 2001).

3.5.2. Fração Carbonácea

A fração carbonácea ou também chamada de fração solúvel em ácido é ligada por forças covalentes e por isso não há um fácil deslocamento dos metais como na fração anterior. Essa fração solúvel em ácido contém metais que são precipitados ou coprecipitados com carbonatos. Essa fase é suscetível a mudanças de pH, logo o uso de tampão ácido acético/acetato de sódio na concentração de 1 mol.L^{-1} em pH 5,0 tem sido incorporado em praticamente todos os esquemas de extração, permitindo que ocorra a liberação dos metais presentes em substratos orgânicos e inorgânicos. A redução do pH 7,0 da fase anterior para pH 5,0 nesta fase permite liberar o restante dos íon adsorvidos, mais especificamente, elementos-traço que não foram extraídos na fração anterior (STONE, 1996; TESSIER, 1979).

3.5.3. Fração Oxídica

A fração oxídica ou também chamada de fração redutível consiste em dissolver óxidos e hidróxidos de ferro e manganês. A extração desses óxidos secundários, presentes como camadas superficiais de minerais ou como partículas bem discretas podem ocorrer pelos seguintes mecanismos: adsorção, troca iônica, formação de complexo superficial, coprecipitação e penetração no retículo cristalino (HALL, 1996).

3.5.4. Fração Orgânica

A fração orgânica ou também chamada de fração oxidável ou ainda de fração sulfídrica é onde ocorre a degradação da matéria orgânica, podendo-se avaliar a distribuição dos metais em função das suas afinidades por sulfetos ou matéria orgânica feito por um ataque químico aos componentes oxidáveis da matriz (HOWARD, 1999).

Os oxidantes mais comuns são peróxido de hidrogênio em ácido moderado, NaOCl em pH = 9,5, Na₄P₂O₇ em pH = 9,5 e K₄P₂O₇. Em geral, o peróxido de hidrogênio aquecido é o reagente mais usado para dissolver a matéria orgânica, pois provoca um ataque efetivo na mesma e produz uma alteração mínima nos silicatos. Talvez a mais importante desvantagem fornecida por este reagente é a readsorção de metais na fração residual, o que requer uma extração adicional com acetato de amônio em pH 2,0 (FERREIRA, 2012; HOWARD, 1999; SUTHERLAND, 2000).

3.5.5. Fração Residual

A fração residual consiste na digestão dos metais utilizando-se um ácido forte, como HCl, HF, HClO ou HNO₃. A quantidade de metais associados a esta fração é também avaliado por alguns autores como a diferença entre a concentração total e o somatório das frações de metais extraídos durante as etapas anteriores. Mas, de acordo com os mesmos, este procedimento não permite um controle de qualidade satisfatório (BOMBACH, 1994; CHLOPECKA, 1996; TESSIER, 1979).

Nessa etapa, caso se obtenha nos resultados uma grande quantidade de metal, uma das soluções para uma melhor extração na fração anterior, ou seja, na fração orgânica, seria a utilização de um ácido mais forte fazendo com que a degradação da matéria orgânica seja mais eficiente, diminuindo assim a quantidade de metal presente na fração residual.

Diversos reagentes utilizados em procedimentos de extração sequencial têm vantagens e desvantagens e não há um reagente ou protocolos ideais para o uso geral no caso dos alimentos. Portanto a escolha do processo deve estar relacionada com um objetivo definido, tendo em conta a natureza da amostra. Para o presente

trabalho que tem por objetivo realizar uma extração sequencial em alimento, o processo de escolha dos extratores foi feito a fim de se obter resultados que levem em consideração a variação de pH presente no corpo humano (RUZIK, 2012).

4. METODOLOGIA

4.1. PREPARO DA FARINHA DE RESÍDUO DE FRUTA

4.1.1. Amostras de frutas

As frutas utilizadas foram as seguintes: laranja seleta (*Citrus sinensis*), maracujá (*Passiflora edulis*) e melancia (*Citrullus lanatus*).

Todas as frutas foram compradas em um supermercado localizado no bairro da Tijuca, Rio de Janeiro, no mês de Agosto. Foram lavadas em água corrente e em seguida sanitizadas com um produto de uso comercial (Dicloro-S-Triazinetrione de Sódio – Clor-in) por 30 minutos. Após esse tempo, foram lavadas novamente em água corrente e armazenadas na geladeira, em temperatura de aproximadamente 6 °C, até o seu uso no laboratório que foi feito no dia seguinte ao dia da compra das frutas.

4.1.2. Preparo da farinha de resíduo de fruta

Todas as frutas foram utilizadas em forma integral (incluindo sementes, cascas, talos, etc.), fracionadas, pesadas em balança analítica (EduTec modelo 02001002) e processadas em uma centrífuga (Vicini modelo VCC 7000).

Após cada fruta ser centrifugada separadamente, os resíduos sólidos de cada fruta obtidos nessa etapa de centrifugação foram acondicionados separadamente em tabuleiros e foram colocados para secar em uma estufa ventilada (Marconi modelo MA035) à 65 °C por 6 horas.

Em seguida, cada amostra foi triturada separadamente em um processador de alimentos (Philips Wallita modelo RI 2035), foram acondicionadas novamente em tabuleiros e foram colocados na estufa ventilada (Marconi modelo MA035) à 90 °C por 1 hora de acordo com o descrito por Ferreira e colaboradores (2013).

Após esse processo, cada FRF foi homogeneizada, pesada em balança analítica (EduTec modelo 02001002), armazenada em embalagens de alumínio assépticas, selada em um selador (Imap modelo FM 3060) e foi identificada com nome e a sua respectiva data de preparo. Todo o procedimento para a preparação

da FRF está representado em um fluxograma na Figura 1 e ilustrado nas Figuras 2 à 7.

Figura 1. Fluxograma de produção da FRF. Fonte: Adaptado de Ferreira e colaboradores, 2013.

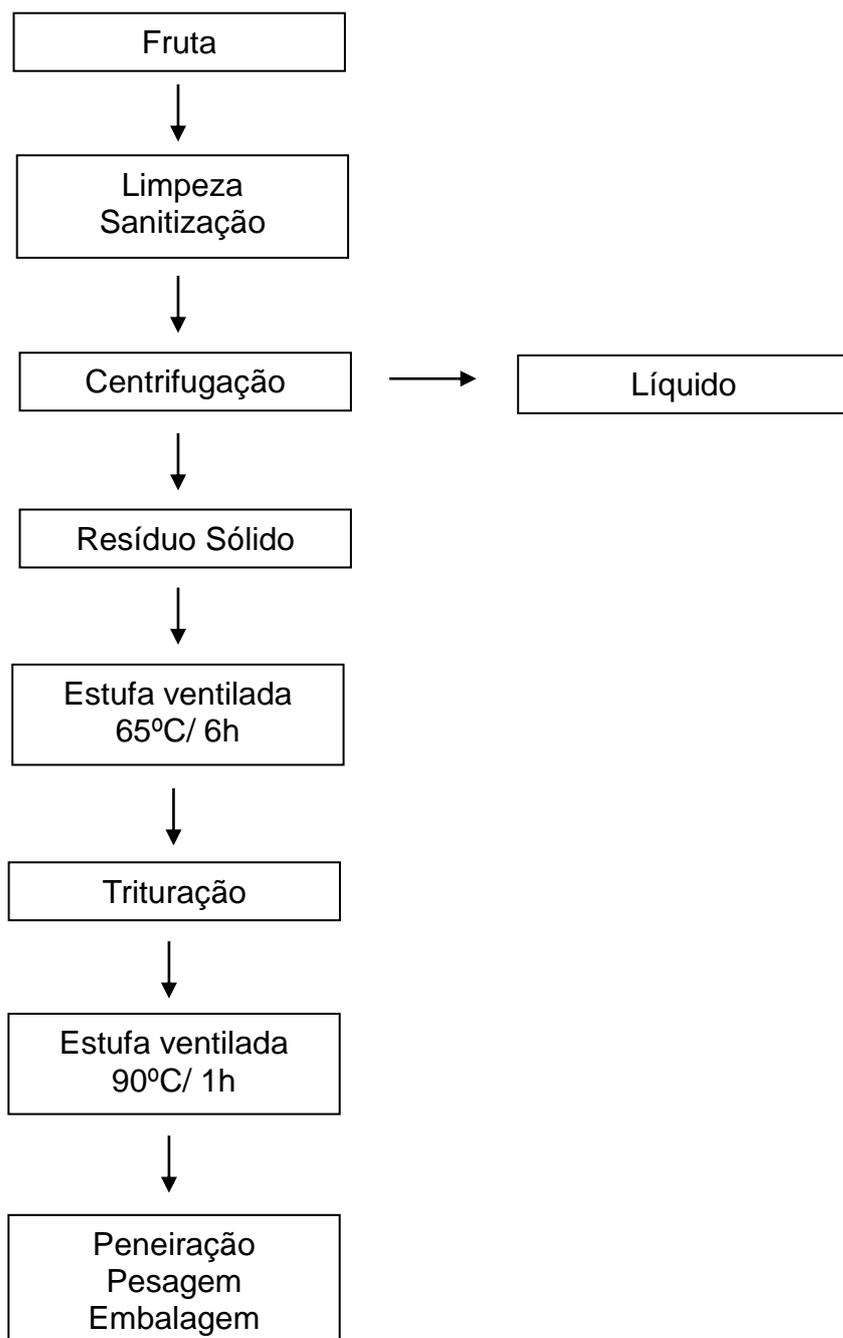


Figura 2: Fruta limpa, sanitizada e cortada.



Figura 3: Processo de centrifugação da fruta.



Figura 4: Resíduo sólido usado na preparação da farinha.



Figura 5: Amostras na estufa ventilada.



Figura 6: Amostra triturada e finalizada.



Figura 7: Pesagem e embalagem.



4.2. DETERMINAÇÃO DOS METAIS

4.2.1. Determinação do teor total dos metais

Para a determinação do teor total dos metais pesou-se em balança analítica (Eduotec, modelo 02001002), aproximadamente 1 grama de farinha de resíduo de laranja dentro de um cadinho de porcelana e em seguida fez-se a calcinação em mufla (Magnus, modelo 01200-5) à 550 °C. As cinzas foram dissolvidas em HCl PA em volume proporcional para o preparo de 15 mL de solução à 2 mol.L⁻¹, baseando-se no método 304/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Em seguida, colocou-se a solução em tubo falcon e armazenou-se na geladeira, em temperatura de aproximadamente 6°C, durante uma semana até o dia de sua leitura em um aparelho de espectrometria de absorção atômica em chama. Todas as amostras foram feitas em triplicata. Para as farinhas de resíduo de maracujá e melancia foram repetidos o mesmo procedimento acima.

4.2.2. Determinação dos metais extraídos em cada fase da extração seqüencial

Para a determinação dos metais extraídos em cada fase da extração seqüencial pesou-se em balança analítica (Eduotec, modelo 02001002) aproximadamente 1 grama de farinha de resíduo de laranja dentro de um tubo falcon.

Adicionou-se à amostra 15 mL de CaCl₂ 1mol.L⁻¹ (1º extrator), agitou-se, durante 60 segundos, com o auxílio de um agitador de tubos (Biomixer, modelo VA2C002718) e manteve-se a solução reagindo por 1 hora. Após o término desse tempo filtrou-se a solução, o sobrenadante da solução foi retirado e chamado de **Fração Trocável**.

À esse sobrenadante foi adicionado HCl 2 mol.L⁻¹ até completar o volume final de 15 mL e ao resíduo foi adicionado 15 mL de uma solução tampão de CH₃COOH 0,1mol.L⁻¹ + CH₃COONH₄ 5%, em pH = 5,0 (2º extrator). Agitou-se essa nova solução durante 60 segundos e manteve-se reagindo por 1 hora. Após o término desse tempo filtrou-se a solução, o sobrenadante da solução foi retirado e chamado

de **Fração Carbonácea**.

À esse sobrenadante foi adicionado HCl 2 mol.L⁻¹ até completar o volume final de 15 mL e ao resíduo foi adicionado 15 mL de uma solução de CH₃COOH 0,5 mol.L⁻¹ (3º extrator). Agitou-se essa nova solução durante 60 segundos e manteve-se reagindo por 1 hora. Após o término desse tempo filtrou-se a solução, o sobrenadante da solução foi retirado e chamado de **Fração Oxídica**.

À esse sobrenadante foi adicionado HCl 2 mol.L⁻¹ até completar o volume final de 15 mL e ao resíduo foi adicionado 15 mL de uma solução de HCl 0,5 mol.L⁻¹ (4º extrator). Agitou-se essa nova solução durante 60 segundos e manteve-se reagindo por 1 hora. Após o término desse tempo filtrou-se a solução, o sobrenadante da solução foi retirado e chamado de **Fração Orgânica**.

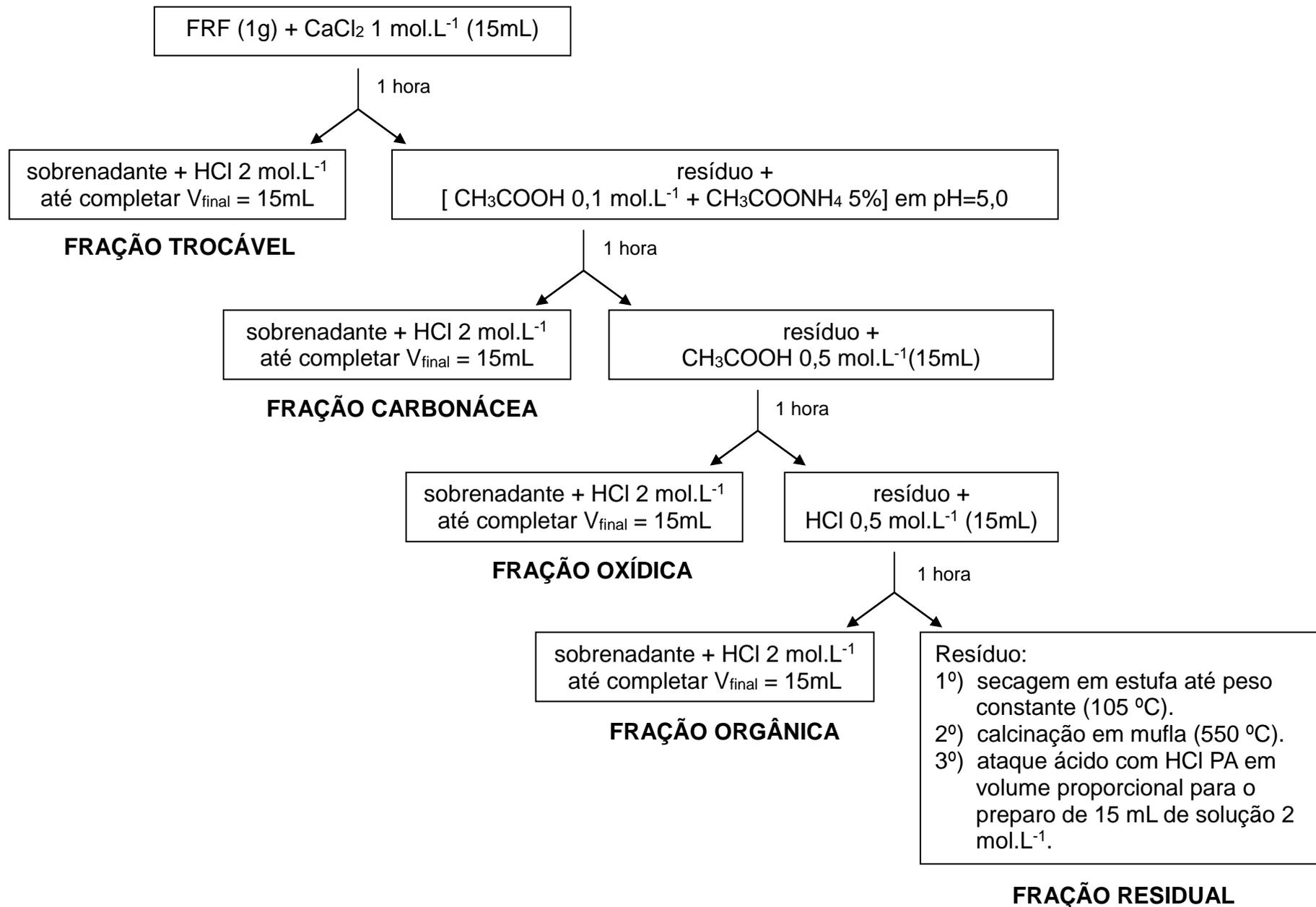
À esse sobrenadante foi adicionado HCl 2 mol.L⁻¹ até completar o volume final de 15 mL e colocou-se o resíduo final em um cadinho de porcelana, secou-se em estufa (Marqlabor, modelo ES/CF64) à 105 °C até peso constante e em seguida fez-se a calcinação em mufla (Magnus, modelo 01200-5) à 550 °C. As cinzas foram dissolvidas em HCl PA em volume proporcional para o preparo de 15 mL de solução à 2 mol.L⁻¹ e foi chamado de **Fração Residual**.

Todos os tubos falcon contendo as suas respectivas frações foram armazenadas na geladeira, em temperatura de aproximadamente 6 °C, durante uma semana até o dia de sua leitura em um aparelho de espectrometria de absorção atômica em chama. O procedimento de extração sequencial foi uma adaptação do método proposto por Tessier (1979) e está representado na Figura 8. Para todas as frações obtidas na extração sequencial, fez-se o seu respectivo branco da amostra. Todas as amostras foram feitas em triplicata. Para as farinhas de resíduo de maracujá e melancia foram repetidos o mesmo procedimento acima.

4.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os cálculos estatísticos são utilizados para observar à qualidade das medidas experimentais. Nesse caso, para os tratamentos estatísticos foram realizados o Teste de Dixon com nível de significância de 90% e o Teste t de Student com intervalo de 95%, sendo n=3.

Figura 8: Esquema do procedimento de extração seqüencial.



5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. DETERMINAÇÃO DO TEOR TOTAL DOS METAIS

O teor total foi obtido utilizando-se a técnica de Espectroscopia de absorção atômica em chama (Tabela 1, condições operacionais). Pelos resultados apresentados na Tabela 2 pôde-se concluir que a farinha de resíduo que possui os maiores teores de cobre, magnésio, manganês e zinco, é a farinha de resíduo de melancia, já o ferro apresenta maior teor na farinha de resíduo de maracujá. Ainda pelos dados indicados na Tabela 2 e pela comparação feita na Figura 9, podemos verificar que o cobre é o metal que apresentou o teor mais baixo e o magnésio é o que apresentou o teor mais alto, resultado que foi obtido igualmente nos três tipos de amostras de farinha de resíduo (laranja, maracujá e melancia). Resultado semelhante foi obtido por Zannatta e colaboradores (2010) onde o estudo de farinhas desidratadas de cenoura, beterraba e espinafre também resultou em baixos teores de cobre, sendo 0,45 mg%, 0,56 mg% e 1,37 mg% e altos teores de magnésio, sendo 1,3 mg%, 4,6 mg% e 13 mg%, respectivamente. Para o tratamento estatístico foi realizado o Teste de Dixon e de acordo com os cálculos realizados, todos os valores experimentais estão abaixo do valor crítico de Dixon, ou seja, nenhum *outlier* foi encontrado.

Tabela 1: Condições operacionais para análise em Espectrômetro de absorção atômica em chama.

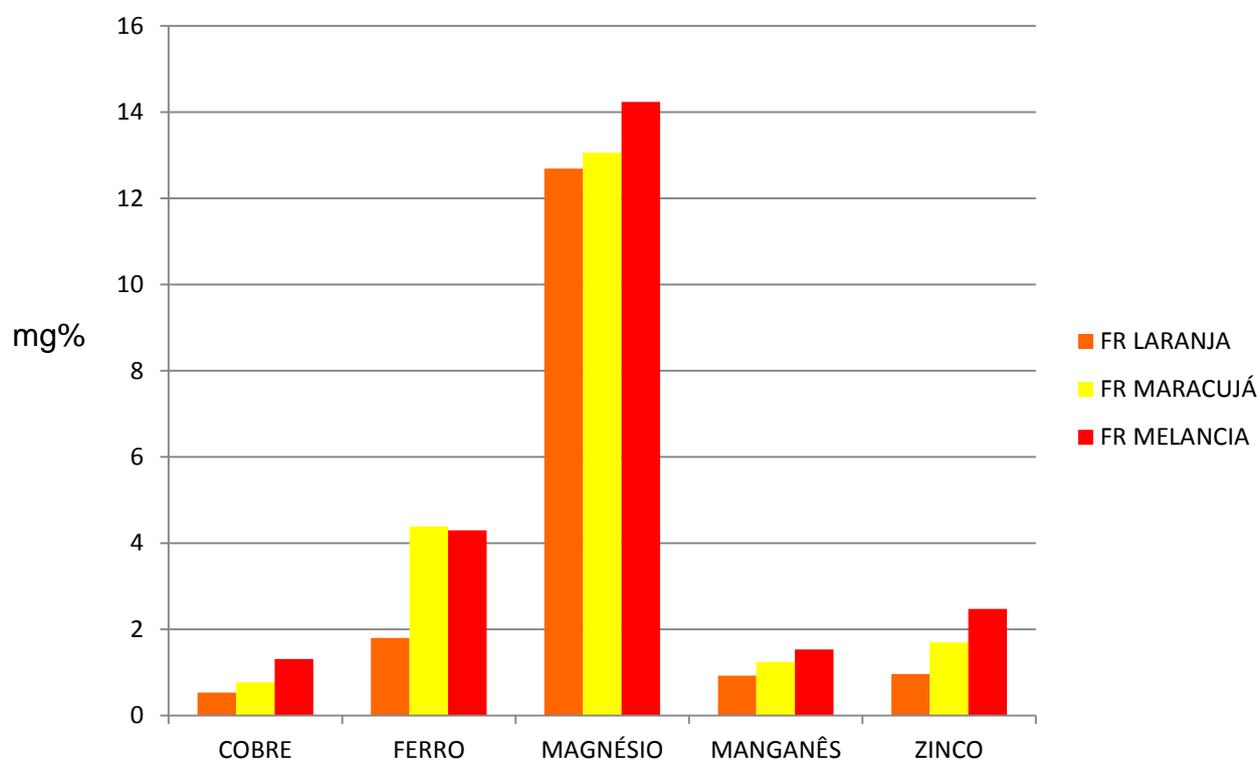
Metal	Corrente da lâmpada (mA)	Comprimento de onda (nm)	Abertura da fenda (nm)	Curva analítica (mg.L ⁻¹)
Cu	15	324,8	0,7	0,5; 1,0; 2,0; 5,0
Fe	30	248,3	0,2	0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0
Mg	6	285,2	0,7	0,5; 1,0; 1,5; 2,0
Mn	20	279,5	0,2	0,1; 0,5; 1,0; 2,0
Zn	20	213,9	0,7	0,2; 0,5; 1,0; 1,5

Tabela 2: Teor total (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia.

Metal	Farinha de resíduo de laranja	Farinha de resíduo de maracujá	Farinha de resíduo de melancia
Cu	0,53 ± 0,04	0,77 ± 0,17	1,31 ± 0,28
Fe	1,80 ± 0,33	4,38 ± 1,13	4,29 ± 0,90
Mg	12,69 ± 0,23	13,06 ± 0,13	14,24 ± 0,10
Mn	0,92 ± 0,12	1,24 ± 0,25	1,53 ± 0,30
Zn	0,96 ± 0,43	1,69 ± 0,31	2,47 ± 0,30

* Valores representados por média ± desvio padrão (n=3).

Figura 9: Gráfico de comparação do teor total (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia.



5.2. DETERMINAÇÃO DOS METAIS EXTRAÍDOS NAS FASES DA EXTRAÇÃO SEQUENCIAL

5.2.1. Farinha de resíduo de laranja

O teor extraído de cada fase da extração sequencial foi obtido utilizando-se a técnica de Espectroscopia de absorção atômica em chama e pelos resultados apresentados na Tabela 3 pôde-se concluir que estão presentes, na amostra de farinha de resíduo de laranja, no mínimo cinco espécies químicas distintas na matriz.

Para a extração de cobre e manganês, o melhor extrator foi o usado na Fração Carbonácea, que extraiu 0,26 mg% e 0,32 mg%, respectivamente.

Para a extração de ferro e zinco, os melhores extratores foram os usados nas Frações Carbonácea e Orgânica, onde foram extraídos 0,47 mg% e 0,40 mg% respectivamente.

Para a extração de magnésio, o melhor extrator foi o utilizado na Fração Oxídica, onde foram extraídos 3,91 mg%.

Tabela 3: Teor (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinha de resíduo de laranja, obtidos nas frações da extração sequencial.

Metal	Fração trocável ⁽¹⁾	Fração carbonácea ⁽²⁾	Fração oxidica ⁽³⁾	Fração orgânica ⁽⁴⁾	Fração residual	Total
Cu	0,11 ± 0,03	0,26 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,14 ± 0,00	0,06 ± 0,02	0,65
Fe	0,05 ± 0,04	0,47 ± 0,07	0,31 ± 0,10	0,47 ± 0,06	0,56 ± 0,16	1,86
Mg	1,53 ± 0,01	3,47 ± 0,03	3,91 ± 0,11	2,50 ± 0,17	1,42 ± 0,41	12,83
Mn	0,08 ± 0,01	0,32 ± 0,01	0,28 ± 0,04	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,05	0,93
Zn	0,14 ± 0,00	0,40 ± 0,01	0,13 ± 0,05	0,40 ± 0,07	0,06 ± 0,02	1,13

* Valores representados por média ± desvio padrão (n=3). (1) CaCl₂ 1 mol.L⁻¹; (2) CH₃COOH 0,1 mol.L⁻¹/CH₃COONH₄ 5% (pH=5,0); (3) CH₃COOH 0,5 mol.L⁻¹ e (4) HCl 0,5 mol.L⁻¹

Como podemos observar na Tabela 4, os valores obtidos na determinação do teor total para o cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco, em mg%, são respectivamente 0,53; 1,80; 12,69; 0,92 e 0,96 e podem ser comparados ao teor total obtido pelo somatório da extração seqüencial para o cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco que foram, em mg%, respectivamente, 0,65; 1,86; 12,83; 0,93 e 1,13. Para o tratamento estatístico foi realizado o Teste t de Student com intervalo de 95% e de acordo com os cálculos realizados pode-se concluir que os valores de ambas análises não diferem significativamente entre si.

Tabela 4: Comparação entre o teor total e o teor total obtido pela extração seqüencial, em mg%, de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em farinha de resíduo de laranja.

Metal	Teor Total (mg%)	Teor Total
		Extração Sequencial (mg%)
Cu	0,53	0,65
Fe	1,80	1,86
Mg	12,69	12,83
Mn	0,92	0,93
Zn	0,96	1,13

5.2.2. Farinha de resíduo de maracujá

O teor extraído de cada fase da extração sequencial foi obtido utilizando-se a técnica de Espectroscopia de absorção atômica em chama e pelos resultados apresentados na Tabela 5 pôde-se concluir que estão presentes, na amostra de farinha de resíduo de maracujá, no mínimo cinco espécies químicas distintas na matriz.

Para a extração de cobre, o melhor extrator foi o usado na Fração Carbonácea, que extraiu 0,17 mg%.

Para a extração de ferro, o melhor extrator foi o usado na Fração Orgânica, onde foram extraídos 1,06 mg.

Para a extração de magnésio, o melhor extrator foi o utilizado na Fração Oxídica, onde foram extraídos 3,42 mg%.

Para a extração de manganês os melhores extratores foram os usados nas Frações Trocável e Carbonácea, onde foram extraídos 0,29 mg%.

Para a extração de zinco, o melhor extrator foi o usado na Fração Trocável, onde foram extraídos 0,68 mg%.

Tabela 5: Teor (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinha de resíduo de maracujá, obtidos nas frações da extração sequencial.

Metal	Fração trocável ⁽¹⁾	Fração carbonácea ⁽²⁾	Fração oxídica ⁽³⁾	Fração orgânica ⁽⁴⁾	Fração residual	Total
Cu	0,12 ± 0,01	0,17 ± 0,03	0,11 ± 0,02	0,16 ± 0,00	0,24 ± 0,06	0,80
Fe	0,88 ± 0,02	0,68 ± 0,13	0,68 ± 0,15	1,06 ± 0,11	1,12 ± 0,06	4,42
Mg	1,93 ± 0,02	2,79 ± 0,12	3,42 ± 0,33	3,08 ± 0,08	2,47 ± 0,96	13,69
Mn	0,29 ± 0,02	0,29 ± 0,00	0,26 ± 0,05	0,28 ± 0,08	0,28 ± 0,18	1,40
Zn	0,68 ± 0,05	0,44 ± 0,68	0,37 ± 0,01	0,43 ± 0,10	0,04 ± 0,00	1,96

* Valores representados por média ± desvio padrão (n=3). (1) CaCl₂ 1 mol.L⁻¹; (2) CH₃COOH 0,1 mol.L⁻¹/CH₃COONH₄ 5% (pH=5,0); (3) CH₃COOH 0,5 mol.L⁻¹ e (4) HCl 0,5 mol.L⁻¹

Como podemos observar na Tabela 6, os valores obtidos na determinação do teor total para o cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco, em mg%, são respectivamente 0,77; 4,38; 13,06; 1,24 e 1,69 e podem ser comparados ao teor total obtido pelo somatório da extração seqüencial para o cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco que foram, em mg%, respectivamente, 0,80; 4,42; 13,69; 1,40 e 1,96. Para o tratamento estatístico foi realizado o Teste t de Student com intervalo de 95% e de acordo com os cálculos realizados pode-se concluir que os valores de ambas análises não diferem significativamente entre si.

Tabela 6: Comparação entre o teor total e o teor total obtido pela extração seqüencial, em mg%, de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em farinha de resíduo de maracujá.

Metal	Teor Total (mg%)	Teor Total
		Extração Sequencial (mg%)
Cu	0,77	0,80
Fe	4,38	4,42
Mg	13,06	13,69
Mn	1,24	1,40
Zn	1,69	1,96

5.2.3. Farinha de resíduo de melancia

O teor extraído de cada fase da extração sequencial foi obtido utilizando-se a técnica de Espectroscopia de absorção atômica em chama e pelos resultados apresentados na Tabela 7 pôde-se concluir que estão presentes, na amostra de farinha de resíduo de melancia, no mínimo cinco espécies químicas distintas na matriz.

Para a extração de cobre, manganês e zinco, o melhor extrator foi o usado na Fração Carbonácea, que extraiu 0,43 mg%, 0,61 mg% e 0,96 mg%, respectivamente.

Para a extração de ferro, o melhor extrator foi o usado na Fração Orgânica, onde foram extraídos 0,76 mg%.

Para a extração de magnésio, o melhor extrator foi o utilizado na Fração Oxídica, onde foram extraídos 4,13 mg%.

Tabela 7: Teor (mg%) de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco em farinha de resíduo de melancia, obtidos nas frações da extração sequencial.

Metal	Fração trocável ⁽¹⁾	Fração carbonácea ⁽²⁾	Fração oxídica ⁽³⁾	Fração orgânica ⁽⁴⁾	Fração residual	Total
Cu	0,36 ± 0,04	0,43 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,05 ± 0,01	1,24
Fe	0,39 ± 0,14	0,72 ± 0,05	0,71 ± 0,00	0,76 ± 0,12	1,61 ± 0,23	4,19
Mg	2,03 ± 0,04	3,53 ± 0,10	4,13 ± 0,06	3,23 ± 0,09	1,54 ± 0,07	14,46
Mn	0,36 ± 0,01	0,61 ± 0,01	0,38 ± 0,05	0,27 ± 0,04	0,10 ± 0,02	1,72
Zn	0,93 ± 0,04	0,96 ± 0,04	0,51 ± 0,04	0,44 ± 0,02	0,05 ± 0,01	2,89

* Valores representados por média ± desvio padrão (n=3). (1) CaCl₂ 1 mol.L⁻¹; (2) CH₃COOH 0,1 mol.L⁻¹/CH₃COONH₄ 5% (pH=5,0); (3) CH₃COOH 0,5 mol.L⁻¹ e (4) HCl 0,5 mol.L⁻¹.

Como podemos observar na Tabela 8, os valores obtidos na determinação do teor total para o cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco, em mg%, são respectivamente 1,31; 4,29; 14,24; 1,53 e 2,47 e podem ser comparados ao teor total obtido pelo somatório da extração seqüencial para o cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco que foram, em mg%, respectivamente, 1,24; 4,19; 14,46; 1,72 e 2,89. Para o tratamento estatístico foi realizado o Teste t de Student com intervalo de 95% e de acordo com os cálculos realizados pode-se concluir que os valores de ambas análises não diferem significativamente entre si.

Tabela 8: Comparação entre o teor total e o teor total obtido pela extração seqüencial, em mg%, de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em farinha de resíduo de melancia.

Metal	Teor Total (mg%)	Teor Total
		Extração Sequencial (mg%)
Cu	1,31	1,24
Fe	4,29	4,19
Mg	14,24	14,46
Mn	1,53	1,72
Zn	2,47	2,89

5.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS FARINHAS DE RESÍDUO EM RELAÇÃO A CADA METAL DETERMINADO

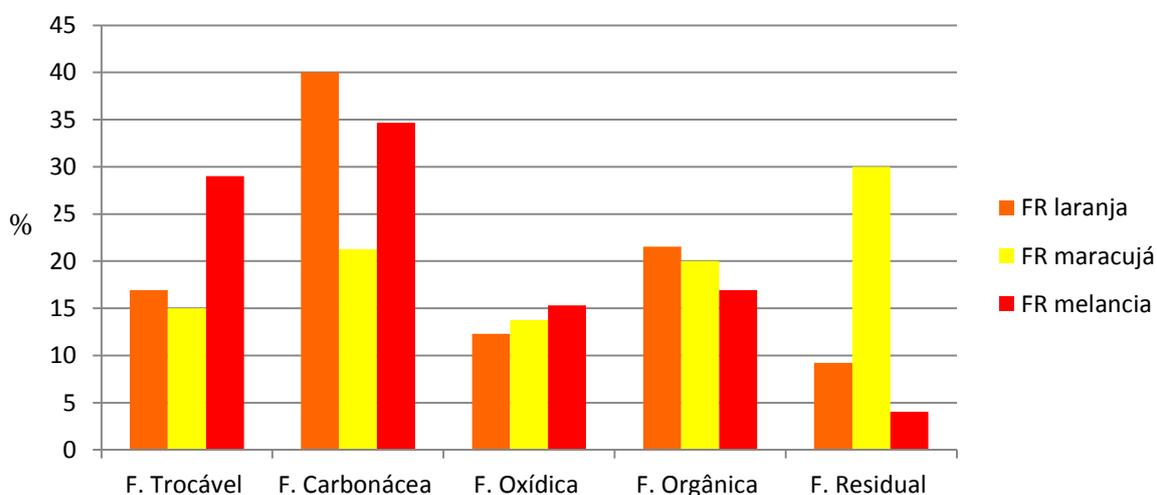
5.3.1. Cobre

Como podemos observar na Tabela 9 e na Figura 10, na Fração Trocável e na Fração Oxídica, o cobre foi melhor extraído na FR de melancia e nas Frações Carbonácea e Orgânica esse metal foi melhor extraído na FR laranja. Observando que a FR de maracujá foi a farinha que mais obteve cobre na Fração Residual, podemos concluir que o cobre está menos biodisponível nesta farinha de resíduo.

Tabela 9: Comparação de % de cobre entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.

Fração	COBRE (%)		
	FR laranja	FR maracujá	FR melancia
Trocável	16,92	15,00	29,03
Carbonácea	40,00	21,25	34,68
Oxídica	12,31	13,75	15,32
Orgânica	21,54	20,00	16,93
Residual	9,23	30,00	4,03

Figura 10: Gráfico da comparação de % de cobre entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.



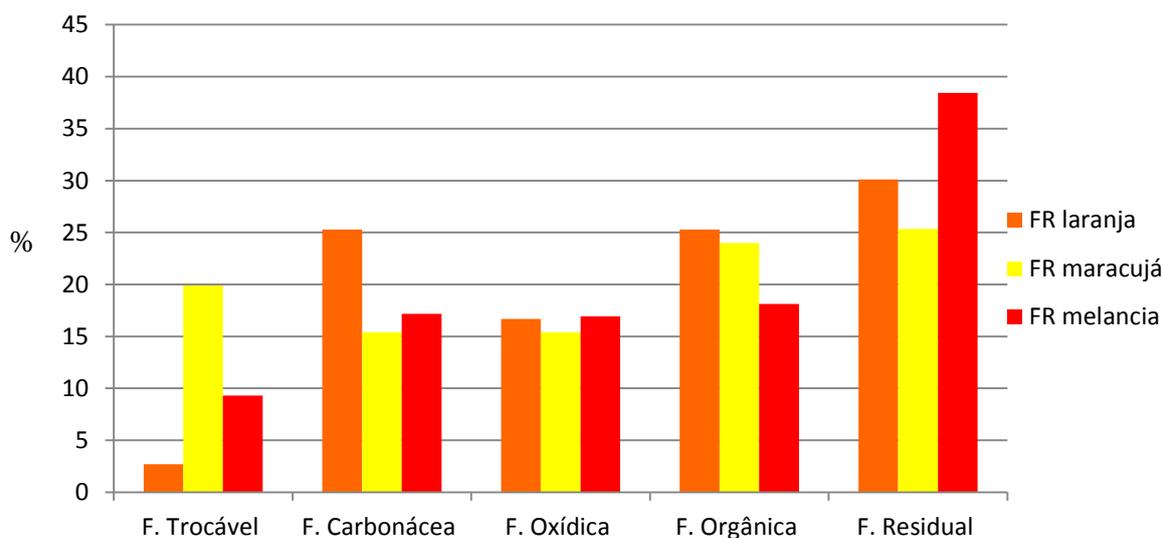
5.3.2. Ferro

Como podemos observar na Tabela 10 e na Figura 11, na Fração Trocável o ferro foi melhor extraído na FR de maracujá e nas Frações Carbonácea e Orgânica esse metal foi melhor extraído na FR laranja. Já na Fração Oxídica foi melhor extraído na FR de melancia. Observando que a FR de melancia foi a farinha que mais obteve ferro na Fração Residual, podemos concluir que o ferro está menos biodisponível nesta farinha de resíduo.

Tabela 10: Comparação de % de ferro entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.

Fração	FERRO (%)		
	FR laranja	FR maracujá	FR melancia
Trocável	2,69	19,90	9,31
Carbonácea	25,27	15,38	17,18
Oxídica	16,67	15,38	16,94
Orgânica	25,27	23,98	18,13
Residual	30,11	25,34	38,42

Figura 11: Gráfico da comparação de % de ferro entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.



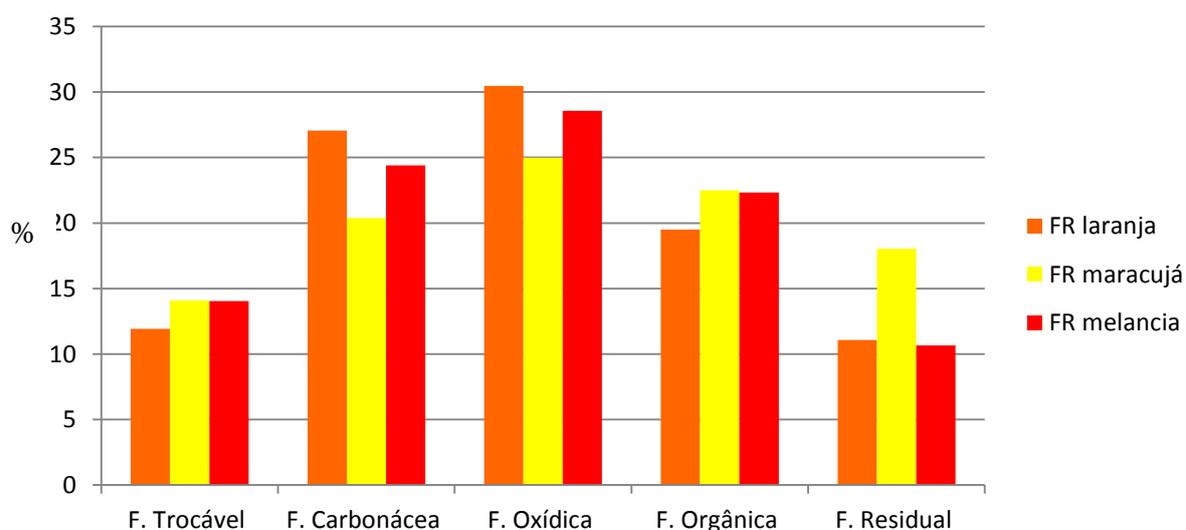
5.3.3. Magnésio

Como podemos observar na Tabela 11 e na Figura 12, na Fração Trocável e na Fração Orgânica o magnésio foi melhor extraído na FR de maracujá, já nas Frações Carbonácea e Oxídica esse metal foi melhor extraído na FR laranja. Observando que a FR de maracujá foi a farinha que mais obteve magnésio na Fração Residual, podemos concluir que o magnésio está menos biodisponível nesta farinha de resíduo.

Tabela 11: Comparação de % de magnésio entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.

Fração	MAGNÉSIO (%)		
	FR laranja	FR maracujá	FR melancia
Trocável	11,93	14,10	14,04
Carbonácea	27,05	20,38	24,41
Oxídica	30,48	24,98	28,56
Orgânica	19,49	22,50	22,34
Residual	11,07	18,04	10,65

Figura 12: Gráfico da comparação de % de magnésio entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.



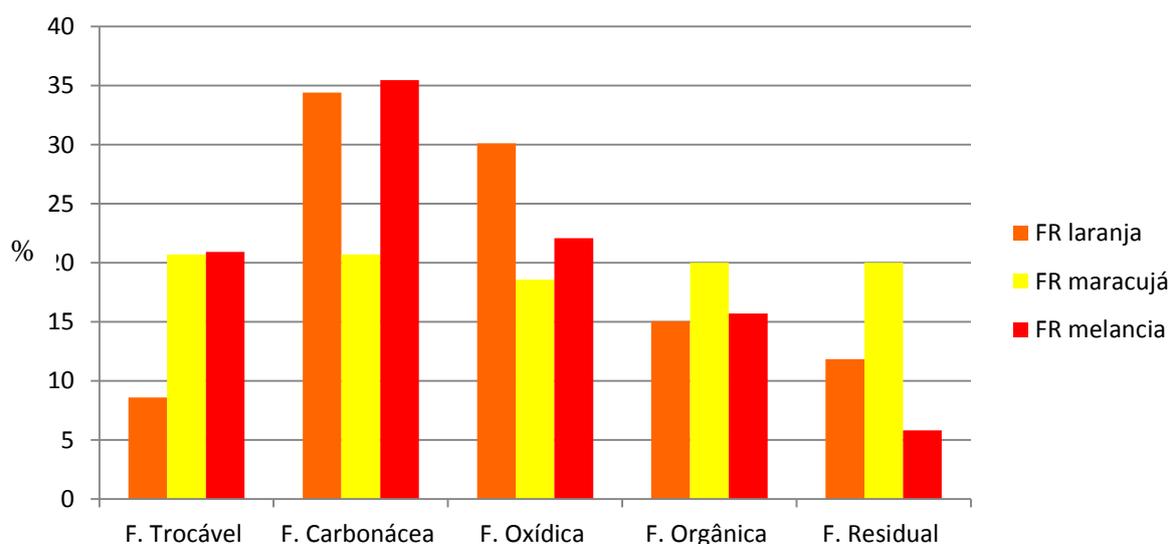
5.3.4. Manganês

Como podemos observar na Tabela 12 e na Figura 13, na Fração Trocável e na Fração Carbonácea o manganês foi melhor extraído na FR de melancia, já na Fração Oxídica esse metal foi melhor extraído na FR laranja. E na Fração Orgânica foi melhor extraído na FR de maracujá. Observando que a FR de maracujá foi a farinha que mais obteve manganês na Fração Residual, podemos concluir que o manganês está menos biodisponível nesta farinha de resíduo.

Tabela 12: Comparação de % de manganês entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.

Fração	MANGANÊS (%)		
	FR laranja	FR maracujá	FR melancia
Trocável	8,60	20,71	20,93
Carbonácea	34,41	20,71	35,47
Oxídica	30,11	18,57	22,09
Orgânica	15,05	20,00	15,70
Residual	11,83	20,00	5,81

Figura 13: Gráfico da comparação de % de manganês entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.



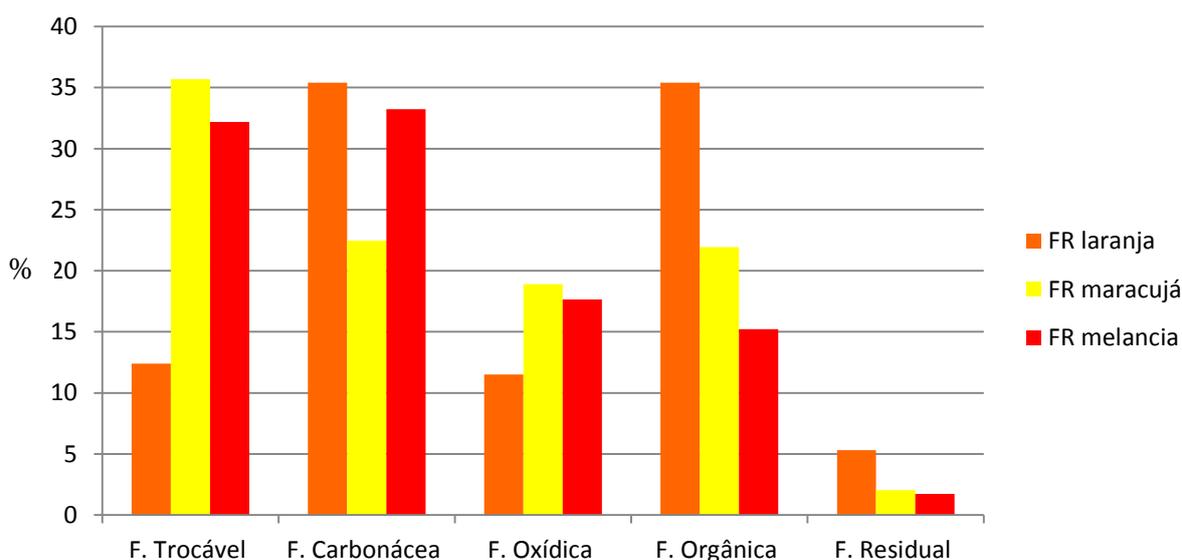
5.3.5. Zinco

Como podemos observar na Tabela 13 e na Figura 14, na Fração Trocável e na Fração Oxídica o zinco foi melhor extraído na FR de maracujá, já nas Frações Carbonácea e Orgânica esse metal foi melhor extraído na FR laranja. Observando que a FR de laranja foi a farinha que mais obteve zinco na Fração Residual, podemos concluir que o zinco está menos biodisponível nesta farinha de resíduo.

Tabela 13: Comparação de % de zinco entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.

Fração	ZINCO (%)		
	FR laranja	FR maracujá	FR melancia
Trocável	12,39	35,69	32,18
Carbonácea	35,40	22,45	33,22
Oxídica	11,50	18,89	17,65
Orgânica	35,40	21,94	15,22
Residual	5,31	2,04	1,73

Figura 14: Gráfico da comparação de % de zinco entre as farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia, obtida em cada fração da extração sequencial.



6. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi estudado a distribuição de cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco nas frações oriundas de uma extração sequencial aplicada à farinhas de resíduo de laranja, maracujá e melancia utilizando-se como extratores: Cloreto de Cálcio 1mol.L^{-1} (Fração Trocável); Ácido acético $0,1\text{mol.L}^{-1}$ / Acetato de Amônio 5% - pH 5,0 (Fração Carbonácea); Ácido Acético $0,5\text{mol.L}^{-1}$ (Fração Oxídica) e Ácido Clorídrico $0,5\text{mol.L}^{-1}$ (Fração Orgânica).

A partir da análise dos resultados concluiu-se que existem pelo menos cinco espécies químicas presentes nas farinhas de resíduo dessas frutas referentes às cinco frações da extração sequencial.

Para as três farinhas de resíduos estudadas, o cobre obteve melhor eficiência de extração quando utilizou-se o extrator da Fração Carbonácea.

O ferro foi melhor extraído, nas três farinhas de resíduo, com o extrator usado na Fração Orgânica, sendo que na farinha de resíduo de laranja além desse extrator, o extrator da Fração Carbonácea também foi eficiente.

Para as três farinhas de resíduos estudadas, o magnésio obteve melhor eficiência de extração quando utilizou-se o extrator da Fração Oxídica.

O manganês foi melhor extraído, nas três farinhas de resíduo, com o extrator usado na Fração Carbonácea, sendo que na farinha de resíduo de maracujá além desse extrator, o extrator da Fração Trocável também foi eficiente.

Já o zinco, para a farinha de resíduo de laranja, foi melhor extraído com os extratores usados nas Frações Carbonácea e Orgânica; para a farinha de resíduo de maracujá, foi melhor extraído com o extrator usado na Fração Trocável e para a farinha de melancia, foi melhor extraído com o extrator usado na Fração Carbonácea.

Concluiu-se também que os subprodutos (cascas, talos, sementes) de pouco ou nenhum valor econômico são passíveis de serem aproveitados e transformados em produtos de valor econômico, a farinha sugerida pode ser utilizada na fortificação dos alimentos, visto que, apresentam quantidades significativas de metais essenciais à vida humana. Além de ajudar na preservação do meio ambiente, pois diminui a geração de resíduo contribuindo com a prática dos 3Rs.

7. REFERÊNCIAS

ABECITRUS – Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos, 2015. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/#>>. Acesso em 21 mar. 2015, 10:05:00.

ABUD, A. K. S.; NARAIN, N.. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. *Brazilian journal of food technology*, v. 12, n. 4, p. 257-265, out./dez., 2009.

AKATU. Febraban e Akatu criam aplicativo sobre consumo consciente de alimentos. 2015. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br/Temas/Alimentos/Posts/Febraban-e-Akatu-criam-aplicativo-sobre-consumo-consciente-de-alimentos>>. Acesso em 01 mar. 2015, 09:37:00.

AKATU. Cidade dos EUA vai multar quem desperdiçar comida em casa. 2014. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br/Temas/Alimentos/Posts/Cidade-dos-EUA-vai-multar-quem-desperdicar-comida-em-casa>>. Acesso em 01 mar. 2015, 09:53:00.

ANDRADE, E. C. B.; TEODORO, A. J.; TAKASE, I.. Determinação dos teores de cobre em diferentes extratos de hortaliças dos tipos A e B. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 2, p. 277-281, abr./jun., 2004.

ANDRADE, E. C. B.; ALVES, S. P.; TAKASE, I.. Extração sequencial de cobre, ferro e zinco em ervas medicinais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 4, p. 844-848, out./dez., 2005.

ANVISA. Resolução da diretoria colegiada – RCD, n. 63, jul., 2000.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M.. *Metais: Gerenciamento da toxicidade*. Editora Atheneu, São Paulo, 2003.

BADAWI, CAMILA. *Aproveitamento Integral dos Alimentos – Melhor sobrar do que faltar?*. 2006. Disponível em: <<http://www.nutrociencia.com.br/>>. Acesso em 01 mar.

2015, 10:29:00.

BATAGLIA, O. C.; GALLO, J. R.. Determinação de cálcio e de magnésio em plantas, por fotometria de chama de absorção. *Bragantia – Boletim científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo*, v. 31, nº 5, 1972.

BOMBACH, G.; PIERRA, A.; KLEMM, W.. Arsenic in contaminated soil and river sediment. *Fresenius journal of analytical chemistry*, v. 350, n. 1, p. 49-53, jan., 1994.

BUBLITZ, S.; EMMANOUILIDIS, P.; OLIVEIRA, M. S. R., ROHLFES, A. L. B.; BACCAR, N. M.; CORBELLINI, V. A.; MARQUARDT, L.. Produção de uma farinha de albedo de laranja como forma de aproveitamento de resíduo. *Revista Jovens Pesquisadores, Santa Cruz do Sul*, v. 3, n. 2, p. 112 – 121, 2013.

CARVALHO, R. N.. Cultivo da melancia para a agricultura familiar. Editora Embrapa, Brasília, 2ª edição, 2005.

CASTELLANE, P. D.; CORTEZ, G. E. P. A cultura da melancia. Jaboticabal: FUNEP, p. 64, 1995.

CHLOPECKA, A.; BACON, J. R.; WILSON, M. J.; KAY, J.. Forms of cadmium, lead and zinc in contaminated soils from south west Poland. *Journal of Environmental Quality*, v. 25, n. 1, p. 69-79, jan., 1996.

COMAR, C. L.; BRONNER, F.. Mineral metabolism, an advanced treatise, Academic Press, New York, v. 2, 1968.

CORDOVA, K. R. V.; GAMA T. M. M. T. B.; WINTER C. M. G.; KASKANTZIS NETO G.; FREITAS R. J. S. Características físico-químicas da casca do maracujá- amarelo (*Passiflora edulis* Flavicarpa Degener) obtida por secagem. *Boletim do CEPPA. Curitiba*, v. 23, n. 2, p. 221-230, jan./jun. 2005.

DHAWAN, K. *Passiflora*: a review update. *Journal of Ethnopharmacology*, v.94, p.1-

23, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2004.02.023>>. Acesso em 15 abr. 2015, 19:41:00.

FERRARI R. A., COLUSSI, F.; AYUB R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá- aproveitamento das sementes. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 101-102, abr., 2004.

FERREIRA, P. R. G.; SANTANA, G. P. Tratamento químico seletivo: Uma especificação operacional. Scientia Amazonia, Manaus, v. 1, n. 3, p. 40-48, 2012.

FERREIRA, M. S. L.; SANTOS, M. C. P.; MORO, T. M. A.; BASTO, G. J.; ANDRADE, R. M. S.; GONÇALVES, E. C. B. A.. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. Journal of Food Science and Technology, jun., 2013. DOI 10.1007/s13197-013-1061-4 (in press).

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M.. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n. 4, p. 825-827, out./dez., 2005.

HALL, G. E. M.; GAUTHIER, G., PELCHAT, J. C.; PELCHAT, P.; VAIVE, J. E.. Application of a sequential extraction scheme to ten geological certified reference materials for the determination of 20 elements. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, v. 11, p. 787-796, 1996.

HARDISSON, A. et al.. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. Food Chemistry, vol. 73, p. 153-161, 2001.

HENDLER, S. S.. A enciclopédia de vitaminas e minerais. Editora Campus, p. 121, 122, 135, 136, 163, 164, 171, 172 e 203, 1994.

HOLDEN, J. M.. Assessment of The quality of data in nutritional databases. Bol. SBCTA, v. 31, n. 2, p. 105-108, 1997.

HOWARD, J. L.; VANDENBRINK, W. J.. Sequential extraction analysis of heavy metals in sediments of variable composition using nitriloacetic acid to counteract resorption. *Environmental. Pollution*, v. 106, p. 285-292, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Minerais e contaminantes inorgânicos. Métodos físico-químicos para análise em alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, IV edição, p. 1020, 2008.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. *Ciência Agrotécnica, Lavras*, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, 2005.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (a) the upgrading concept; (b) practical implementations. *Bioresource Technology, Essex*, v. 87, p. 167-198, 2003.

LOPES, R.M.; SEVILHA, A. C.; FALEIRO, F. G.; DA SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.. Estudo comparativo do perfil de ácidos graxos em semente de passifloras nativas do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, n.2, p.498-506, 2010.

MARTINS, C. R.; FARIAS, R. M.. Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola. *Revista da FZVA, Uruguaiana*, v.9, n.1, p. 26 e 27, 2002.

MEDINA, J.C.. Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, Série Frutas Tropicais, p. 295, 1980.

MELETTI, L. M. M; MAIA, M. L.. Maracujá: Produção e comercialização. *Boletim 92 técnico*, 181. Campinas, Instituto Agrônomo, p. 64, 1999.

MIRANDA, R.F.; RODRIGUES, G.A.; SILVA, R.H.; SILVA, C.L.W.; SATURNINO,

M.H.; FARIA, S.H.F.; Instruções Técnicas sobre a cultura da melancia. Belo Horizonte: EPAMIG – Boletim Técnico n. 51, p. 28, 1997.

MS (Ministério da Saúde). Guia alimentar para a população brasileira – Promovendo a Alimentação Saudável. Edição especial. Brasília - DF, p. 60 e 62, 2005.

NASCIMENTO, B. L. M.; GOMES, D. R. C. S.; ARAÚJO, S. S.; OLIVEIRA, J. D.. Extração Seqüencial de Ferro e Cobre em Olerícolas Orgânicas e Convencionais Comercializadas em Imperatriz-Maranhão. Agropecuária científica no semiárido, v. 9, n. 3, p. 01-07, jul./set., 2013.

PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. Journal of Technology Management & Innovation, Chile, v. 2, n. 1, p.118-127, 2007.

RUZIK, L.. Speciation of challenging elements in food by atomic spectrometry, v. 93, p. 18-31, fev., 2012.

SARGENTELLI, V.; MAURO, A. E.; MASSABNI, A. C.. Aspectos do metabolismo do cobre no homem. Química Nova, v. 19, n.3, p. 290-293, 1996.

SESC. Banco de Alimentos e Colheita Urbana: Aproveitamento Integral dos Alimentos. Rio de Janeiro: Sesc/DN, p. 9, 2003.

SHILS, M. E.; OLSON J. A.; SHIKE, M.; ROSS, A. C.. Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença. Editora Manole, 10ª edição, 2009.

SILVA, R. D. P.. Determinação do teor de ferro de beterrabas adubadas com dois tratamentos diferenciados: orgânico e convencional. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, p. 17-18, 2011.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R.. Fundamentos de Química Analítica. Editora Thomson, tradução da 8ª edição, p. 7, 92 e 195, 2006.

SOUZA, M. W. S.; FERREIRA, T. B. O.; VIEIRA, I. F. R.. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. Alimentos e Nutrição Araraquara, v.19, n.1, p. 33-36, jan./mar., 2008.

SPOSITO, G..The Chemistry of solis. New York: Oxford University Press, p. 277, 1989.

STONE, M.; MARSALEK, J.. Trace metal composition and speciation in street sediment. Water, Air, Soil Pollution, v. 87, p. 149-169, 1996.

SUTHERLAND, R. A.; TACK, F. M. G.; TOLOSA, C. A.; VERLOO, M. G.. Operationally defined metal fractions in road deposited sediment, Honolulu, Hawaii. Journal of environmental quality, Madison, v. 29, n. 5, p. 1431-1439, out., 2000.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P. G. C.; BISSON, M.. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. Analytical Chemistry, v. 51, n. 7, p. 844 – 851, jun., 1979.

URE, A. M.; DAVIDSON, C. M.. Chemical Speciation in the Environment. University of Strathdyde, Glasgow: Blackwell Science, 2 ed., 2001.

ZANNATTA, C. L.; SCHLABITZ, C.; ETHUR, E. M.. Avaliação físico – química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes à comercialização. Alimentação e Nutrição, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 459-468, jul./set., 2010.

ZENEBOM, O.; PASCUET, S. N.; TIGLES, P.. Métodos físicos - químicos para análise de alimentos. Editora Instituto Adolfo Lutz, 4ª edição, p. 741, 2008.