

**ANÁLISE QUANTITATIVA DE POTÁSSIO EM DIFERENTES VARIEDADES DE
ABACATE DA ESPÉCIE *PERSEA AMERICANA* MILLER**

ALINE CRISTINA PELLIS
ARTHUR DELMIRO LOURENÇO
BEATRIZ MORETTI
CAUÊ GIOVANI KAUVA
GABRIELLI BILCK
JOANA DE ALMEIDA ZANETTI
NICHOLAS DA GAMA TANAKA GUERREIRO

Jaraguá do Sul - SC

2018

ALINE CRISTINA PELLIS
ARTHUR DELMIRO LOURENÇO
BEATRIZ MORETTI
CAUÊ GIOVANI KAUVA
GABRIELLI BILCK
JOANA DE ALMEIDA ZANETTI
NICHOLAS DA GAMA TANAKA GUERREIRO

**ANÁLISE QUANTITATIVA DE POTÁSSIO EM DIFERENTES VARIEDADES DE
ABACATE DA ESPÉCIE *PERSEA AMERICANA* MILLER**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo informativo diversificado “Conectando os Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade Integrado) do Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Jaraguá do Sul - Centro

Orientador: Juliano Carvalho Ramos
Coordenador: José Roberto Machado

Jaraguá do Sul – SC
2018

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul, Centro, pela oportunidade de realização da pesquisa, de proporcionar contato com a pesquisa científica e ampliarmos nosso conhecimento.

Gratos à professora Dra. Kênia Gaedtke, por abraçar nosso projeto, pelo auxílio à viagem de pesquisa à UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), e a esta, por disponibilizar o espaço para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor Dr. Mário César Sedrez, por nos prover auxílio e sempre acompanhar a pesquisa.

Ao professor Elder Correa Leopoldino e Evelin Wilbert por nos receber e guiar pela UFSC.

Veementemente agradecemos ao nosso orientador Dr. Juliano Carvalho Ramos, por todo apoio, incentivo, disponibilidade, interesse pelo trabalho e ajuda no desenvolvimento dos processos e métodos.

Por fim, somos gratos a qualquer pessoa que direta ou indiretamente teve uma contribuição no desenvolvimento da pesquisa.

RESUMO

O fruto do abacateiro é bastante consumido no Brasil e em demais regiões tropicais e subtropicais devido a sua alta produtividade e valor nutricional, tendo em vista os teores significativos de potássio encontrados em sua polpa (mesocarpo e endocarpo). Tais informações, no entanto, são apresentadas de maneira genérica, não considerando individualmente as diversas variedades de abacates existentes e seus respectivos teores de potássio, que são bastante diversificados, conforme análise. O objetivo da presente pesquisa foi analisar quantitativamente o potássio em quatro diferentes variedades de abacate (Avocado, Fortuna, Fuerte e Geada) mais comuns em mercados e feiras na cidade de Jaraguá do Sul - Santa Catarina, sendo estes comprados ou adquiridos em residências familiares. Para tal, necessitou-se da elaboração de uma metodologia adequada para a digestão de amostras de abacate em meio ácido, com o uso de ácido nítrico (HNO_3) 33,3% (v/v) submetido ao aquecimento em uma chapa de aquecimento e adição de 5 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), após esse procedimento, observou sua eficácia por meio visual, visualizando se as amostras estavam completamente digeridas ou com poucas partículas presentes. Após a digestão, foi procedida a quantificação do potássio (K) em um fotômetro de chama, decorrendo que, após a quantificação, foi notória a disparidade de concentrações do elemento de acordo com a variedade analisada, constatando, inclusive, a não interferência da massa do fruto no que diz respeito à concentração da substância.

Palavras-chave: Abacate; Digestão ácida; Potássio; Quantificação; Fotômetro de chama.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tronco do abacateiro.....	10
Figura 2: Flores do abacateiro.....	10
Figura 3: Corte longitudinal com partes constituintes do abacate.....	10
Figura 4: Caracterização de variedades de abacates.....	12
Figura 5: Recomendação de dieta para potássio. Fonte: Conselho para Alimentação e Nutrição do Instituto de Medicina - Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine.....	17
Figura 6: Componentes básicos de um fotômetro de chama.....	19
Figura 7: Equipamento MICROWAVE TYPE MLS 1200 MEGA.....	25
Figura 8: Vasos, proteção dos vasos (denominado de camisas) e suporte para os vasos do forno digestor assistida com radiação microondas (MICROWAVE TYPE MLS 1200 MEGA).....	26
Figura 9: Amostra digerida na UFSC (à esquerda); amostra digerida no IFSC (à direita).....	27
Figura 10: Fotômetro de chama ANALYSER (910MS) do IFSC Campus Jaraguá do Sul - Centro.....	28

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Concentrações média de potássio (mg/100 g do fruto) e seu respectivo desvio padrão. Número de amostras analisadas por variedade foi de 9.....**29**
- Tabela 2.** Quantidade de potássio mg/100 g de parte comestível do fruto.....**31**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	07
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	08
2.1 O abacate.....	08
2.1.1 Generalidades.....	08
2.1.2 Botânica e comportamento floral.....	09
2.1.3 Biologia da flor e polinização.....	10
2.1.4 Exigências climático-edáficas.....	11
2.1.5 Variedades e cultivares.....	11
2.1.6 Benefícios e nutrientes.....	12
2.1.7 Composição química.....	13
2.1.8 O óleo do abacate.....	13
2.2 Potássio.....	14
2.2.1. Aplicações.....	15
2.2.2 O potássio no corpo humano.....	16
2.3 Preparo de amostra.....	18
2.3.1 Digestão por via úmida.....	18
2.3.2 Fotometria de chama.....	19
3 METODOLOGIA.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
4.1 Digestão por via úmida.....	22
4.2 Digestão por micro-ondas no laboratório da UFSC.....	24
4.3 Quantificações no fotômetro de chama.....	27
4.4 Comparação tabela de alimentos.....	30
4.5 Tratamento de resíduos.....	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O abacate é uma fruta comumente consumida no Brasil, sendo afamado pela quantidade de gorduras e nutrientes disponíveis no fruto. Algumas frutas, como a banana, são conhecidas por serem ricas em potássio, porém, após pesquisas realizadas a partir de artigos, descobriu-se que o abacate não é tão popular e consumido quanto a banana.

Ao longo dos últimos anos, o consumo de abacate vem aumentando, uma vez que este possui grande valor nutricional, despertando maior interesse por sua aquisição. Por este motivo, a realização de uma pesquisa que vise enfatizar os benefícios do fruto e produzir conhecimentos diversos sobre o abacate (uma vez que a maior parte dos estudos têm foco apenas na extração do óleo deste fruto) se faz necessária no âmbito científico. A partir desta questão, surgiu o interesse de quantificar potássio existente em algumas variedades de abacate e então comparar este valor ao de outras frutas, sendo os dados destas, retirados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.

Pelo fato de o abacateiro ser uma planta abundante em regiões tropicais e subtropicais, como o Brasil, o acesso ao seu fruto torna-se bastante viável, propiciando seu estudo. Para tanto, delimitou-se o tema da pesquisa como: Determinação quantitativa de potássio em algumas variedades de abacate (adquiridos em residências familiares ou no varejo local) e comparação da quantidade deste elemento em relação às informações disponíveis na literatura de outras frutas abundantes no mesmo.

Ciente da falta de informações acerca da quantidade de potássio disponível no fruto, indagou-se: “O abacate é realmente rico em potássio e a quantidade deste mineral na fruta pode ser uma opção alternativa para a substituição de outras frutas?”

Para responder tal questão, determinou-se então como objetivo central: Analisar quantitativamente potássio (K) em diferentes variedades de abacate comprados e/ou coletados em Jaraguá do Sul para comparação com outras frutas segundo valores obtidos a partir de conhecimento teórico; Tendo como objetivos específicos: 1) Analisar o teor de potássio na polpa das variedades de abacate Avocado, Fortuna, Fuerte e Geada; 2) Investigar qual das variedades de abacate

analisadas possui maior teor de potássio; 3) Fazer comparação teórica do teor de potássio em diferentes espécies de abacate com outras frutas; 4) Verificar metodologias adequadas para a abertura de amostra e análise do potássio.

As seguintes hipóteses foram elaboradas e testadas conforme a execução do projeto: 1) O abacate, em comparação a outras frutas ricas em potássio, possui o maior valor deste mineral; 2) Há grande diferença na quantidade de potássio entre as variedades de abacates analisadas; 3) O abacate pode substituir outras frutas com relação à sua quantidade de potássio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O abacate

O abacate é um fruto proveniente do continente americano, cujos primeiros relatos foram feitos por navegadores, logo nos primeiros anos de descoberta da América, entre 1526 e 1554 em relatos das plantas locais na antiga cidade do México, e onde hoje é a Colômbia (KOLLER, 1984). Pesquisas arqueológicas indicam que o abacate era explorado há mais de dez mil anos naquela região. A “cultura do abacate”, então, se dispersou por todo o continente americano, recebendo inclusive, nomes que variam dependendo do país, como “avocado”, citado na Jamaica e conhecido pelos países de língua inglesa. Segundo relatos, o abacateiro foi trazido ao Brasil em 1809, vindo da Guiana Francesa.

2.1.1 Generalidades

O abacate é uma fruta proveniente do abacateiro, sendo este cultivado em quase todas as regiões tropicais e subtropicais, devido à sua rápida adaptação a estes climas. Segundo o Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), o abacate é particularmente semeado em lugares como México, partes da América do Sul, América Central, Índias Ocidentais, África do Sul, Israel e Havaí. É também cultivado em menor extensão na Índia, República Malgache, Reunião, Madeira, Samoa, Taiti, Argélia, Austrália e nos Estados Unidos (Flórida e Califórnia). Segundo Roseli Aparecida Ferrari (2015), o abacate é considerado umas das plantas com maior produtividade por metro quadrado.

O abacate apresenta uma massa de 50 g a 2,5 Kg (CALABRESE; CAMPBELL & MALO; E SUPPO CITADOS POR DONADIO, 1995), sendo comum seu consumo de forma similar a um legume, estando presente em purês, saladas com cebola e queijo (popular no México), em sopas, ou mesmo, com sal e pimenta. Já no Brasil, é frequente o consumo do fruto junto de açúcar, mel ou licores (ITAL, 1991).

Da polpa do abacate são extraídos óleos de uso comercial, substitutos ao óleo de oliva. As sementes do fruto possuem uma coloração castanho-arroxeadado, utilizadas para o tingimento de roupas. Suas flores são odoríferas e atraem abelhas, pois o abacate é um fruto melífero. Na medicina popular, folhas, caroços, casca dos frutos e do tronco do abacateiro são utilizados para tratamento de doenças e algumas enfermidades.

O consumo do abacate vem se expandindo ao longo dos anos, uma vez que possui qualidades organolépticas, valor nutritivo e diversas vitaminas (ITAL, 1991).

2.1.2 Botânica e comportamento floral

Ainda segundo ITAL, o abacateiro pertence à família *Lauraceae* e ao gênero *Persea*¹. Este compreende aproximadamente 50 gêneros, sendo *Persea americana* o mais comum. Engloba também cerca de 150 espécies, sendo que a grande maioria está na América tropical.

O abacateiro é uma árvore frutífera e perene, podendo alcançar, em geral, de 12 a 20 metros de altura, sendo considerada, portanto, uma árvore de porte médio a alto. Apresenta também características como: tronco cilíndrico, com casca aromática e rugosa e copa simétrica e ampla (Figura 1). Suas folhas sem estípulas, indivisas, levemente lustrosas, podendo variar de verde a verde-escuro (Figura 2). As flores do abacateiro são pequenas, bissexuais e produzidas em grande número. O mesocarpo (parte constituinte do pericarpo do fruto) é quase insípido e possui consistência amanteigada (Figura 3), devido a sua quantidade significativa de gordura, além de cor amarelo-esverdeado. Possui exocarpo (parte externa do fruto) consistente e membranoso. Sua drupa é grande, de cor arroxeadado ou amarronzada, estando

¹ Persea: O nome vem do grego antigo, proveniente de uma árvore do Egito, a qual possuía frutos doces; sua derivação é desconhecida, provavelmente de Perseus.

protegido pelo endocarpo (outra parte constituinte do pericarpo).



Figura 1: Folhas do abacateiro

Fonte: PATRO, Raquel, 2015. Abacate - **Persea Americana**. Jardineiro.net. Disponível em: <http://www.jardineiro.net/plantas/abacate-persea-a-americana.html>. Acesso em: 20 nov. 2017, às 21h34min.



Figura 2: Tronco do abacateiro

Fonte: MONTEIRO, Waldemar Ribas, 2006. Meliponicultura. Departamento de abelhas indígenas. Disponível em: http://apacame.org.br/mensagemdoce/85/visita_tecnica.htm. Acesso em: 16 set. 2017, às 21h39min..

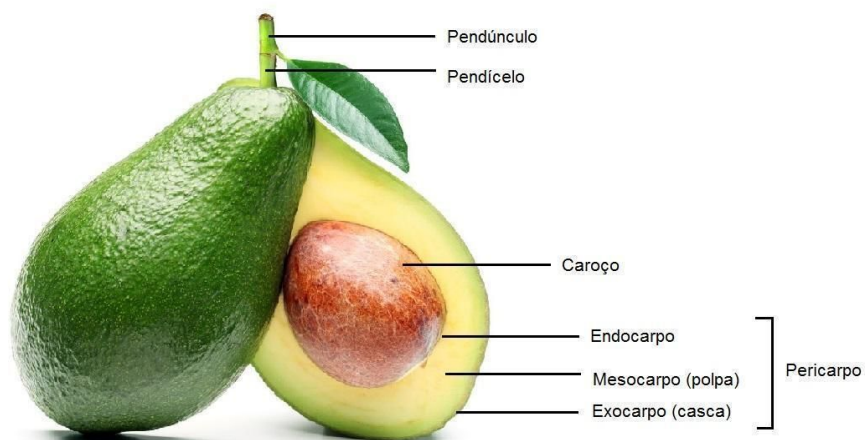


Figura 3: Corte longitudinal com partes constituintes do abacate

Fonte: ARAÚJO, Lissandra. **NÃO TENHA MEDO DE CONSUMIR ABACATE!** ProLife, 2014. Disponível em: <http://www.proliferj.com.br/blog/posts/2014/9/3/nao-tenha-medo-de-consumir-abacate>. Acesso em: 10 out. 2017, às 19h:45min (adaptado).

2.1.3 Biologia da flor e polinização

A flor do abacateiro é bissexual ou hermafrodita. Isso se dá através da dicogamia, ou seja, a separação temporal na maturação dos sexos. Por este motivo, para ocorrer a polinização, necessita-se que haja outro indivíduo com comportamento floral distinto. Existem dois grupos relacionados ao tempo de abertura e fechamento das flores, designados “A” e “B”. No grupo “A”, a primeira abertura da flor ocorre logo no período da manhã, quando o estigma² apresenta-se receptivo. Entretanto, não há a liberação do pólen para a fecundação já que as anteras³ não se abrem. A flor se fecha por volta do meio-dia para reabrir no dia seguinte à tarde, quando os estames⁴ estão maduros e provocam a abertura das anteras, todavia, o estigma não está mais receptivo. Já no grupo B, a flor se abre ao meio-dia e fecha-se ao entardecer, não havendo a liberação do pólen. Ela reabre no dia seguinte no período da manhã, quando as anteras se abrem novamente, o estigma já não é mais receptivo (ITAL, 1991).

Essa variação pode ocorrer em função das condições climáticas do local que torna possível a autopolinização. Portanto, a polinização é feita principalmente por insetos, sendo a abelha o principal agente polinizador.

2.1.4 Exigências climático-edáficas

O clima é um fator essencial para o cultivo do abacateiro, sendo a temperatura e de chuvas as principais exigências. Quanto à temperatura, os abacateiros da raça antilhana conhecidos por “comum” ou “manteiga”, são mais sensíveis ao frio, enquanto os da raça guatemalense e mexicana, são mais resistentes. A precipitação deve ser de cerca de 1200 mm de água anuais, o suficiente para o pomar, mas necessita-se de uma distribuição regular durante o ano.

Além do clima, o solo é um importante fator para o cultivo de um abacateiro. Normalmente, o abacateiro é plantado em solo arenoso, denso e drenado, com pH neutro ou ligeiramente ácido.

² Estigma: área receptiva dos pistilos das flores.

³ Anteras: parte final dos estames nas flores.

⁴ Estames: órgão masculino das plantas que produzem flores.

2.1.5 Variedades e cultivares

Existem cerca de quinhentas variedades de abacate no mundo, sendo cinquenta delas localizada no Brasil. As mais conhecidas pertencem a raça antilhana (popularmente chamado de “comum”) que se caracterizam por possuírem uma casca lisa, grande semente e polpa macia. Nela, se destacam as variedades Breda, Fortuna, Fucks, Geada, Hass (avocado), Margarida, Ouro-Verde e Quintal (Figura 4). Além da antilhana, também pode ser destacada a raça guatemalense - cultivada nas altas regiões da América Central - que é definida pela casca rugosa e semente relativamente pequena (MONTENEGRO, 1951). Há também a raça mexicana, caracterizada pela casca lisa e pouco espessa, fruta pequena e semente grande. No Brasil, não há cultivo das variedades da raça mexicana, devido a pouca procura desta no mercado interno (CAMPOS, 1985).

Além das variedades provenientes destas três raças, há também os chamados “abacates híbridos” que provêm através da polinização de raças diferentes entre si. No país, as variedades híbridas mais consumidas e populares são: Fortuna, Quintal e *Fuerte*, tais quais possuem exigências climáticas diferentes das raças acima citadas.

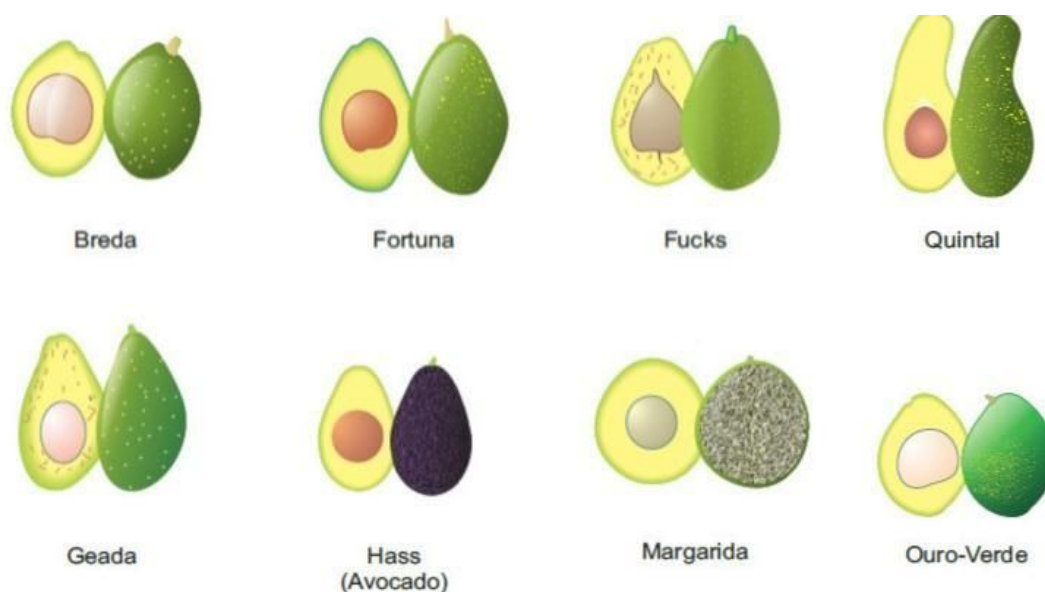


Figura 4: Caracterização das principais variedades de abacate

Fonte: CEAGESP. Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura. **Normas de Classificação: abacate.** São Paulo, 2015. Disponível em:

http://www.hortibrasil.org.br/images/stories/folders/folder_abacate.PDF. Acesso em: 08 jun. 2018, às 21h20min.

2.1.6 Benefícios e nutrientes

O abacate é conhecido por ser um fruto gorduroso, possuindo cerca de 5% a 35% de óleo em sua polpa quando maduro, sendo que em sua maioria são ácidos graxos insaturados, responsáveis pela alta caloria da fruta. Entretanto, grande parte da gordura do abacate é monoinsaturada, ou seja, uma gordura saudável, auxiliando na manutenção do colesterol no corpo humano (FERRO, 2002). Segundo o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), com exceção da banana, o abacate tem quatro vezes maior valor nutritivo do que qualquer outra fruta. Além disso, a polpa do abacate também possui alto valor de fibras e sais minerais, destacando-se o potássio (FERRARI, 2015).

Segundo o ITAL (1991), a taxa de açúcares no abacate é muito pequena, sendo ele, antes de tudo, uma fruta essencialmente lipídica. Seu valor calorífico é cerca de duas vezes maior que o da banana. Possui vitaminas lipossolúveis que não estão presentes em muitas frutas, como vitaminas A e B em grande quantidade; D e E, com uma quantidade mediana; e vitamina C em menores quantidades.

2.1.7 Composição química

Daiuto (2013) et al., em sua pesquisa referente à composição do abacate Hass, embasando também discussões quanto às propriedades antioxidantes, afirma que:

o abacate é um fruto muito nutritivo, sendo a polpa a principal parte utilizada para consumo *in natura* (em estado natural), na forma de sobremesa, saladas, molhos e cosméticos, além de ser utilizada para extração de óleo. Os resíduos, casca e semente, ainda são pouco explorados cientificamente quanto ao seu potencial nutritivo e funcional (adaptado).

Os autores destacam o valor dos lipídeos benéficos no fruto, sendo encontrados em maiores concentrações na polpa. Já as fibras, são encontradas em concentrações similares na casca e na polpa. Dentre os minerais, entre os macronutrientes⁵, o potássio é o qual está em maior quantidade no fruto. Com relação aos micronutrientes⁶, o enxofre foi o elemento que apresentou menor

⁵ Macronutrientes: nutrientes em que o organismo precisa-se em maior quantidade.

⁶ Micronutrientes: nutrientes em que o organismo precisa-se em menor quantidade.

concentração e o boro, a maior. Referente a outros micronutrientes, os autores mencionam também:

a polpa mostrou teores superiores de cobre em relação à casca, seguida da semente. Os teores de ferro foram 63,27% maiores na casca em relação à polpa. O menor teor deste elemento mineral foi encontrado na semente. Já os teores de zinco da casca e da polpa foram superiores ao encontrado no caroço e não diferiram estatisticamente (DAIUTO, *et al.* 2013).

Cobre e zinco têm papéis essenciais no organismo humano (formação da melanina, por exemplo), e os teores desses metais encontrados no abacate são consideráveis.

2.1.8 O óleo do abacate

Segundo Roseli Aparecida Ferrari (2015), o óleo do abacate assemelha-se ao óleo de oliva por serem extraídos da polpa de frutos e pela similaridade de suas propriedades físico-químicas, principalmente pela composição de seus ácidos graxos, predominando em ambos o ácido oleico.

Os ácidos graxos mono-insaturados, tal como o ácido oleico, auxiliam na redução da taxa de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), as quais provocam, a longo prazo, a obstrução de veias e artérias (aterosclerose). Contudo, mantêm-se os níveis de lipoproteínas de alta densidade (HDL), responsáveis pela manutenção dos vasos sanguíneos, reduzindo assim as chances de desenvolver problemas cardiovasculares (MARSIC e YODICE, 1992; BAUR, 1995 *apud* GIOIELLI).

Segundo Popenoe (1924), o ácido oleico está presente em maior concentração na polpa do abacate, pois o teor de lipídeos nesta região da fruta varia de 5% à 35%, dependendo da variedade da espécie. Outros ácidos graxos presente no fruto são ácido palmítico e palmitoleico, ambos conhecidos por ômega 7 e ácido linoleico, ou ômega 6 (OLIVEIRA, *et al.*, 2013).

O ácido palmítico, ou ômega 7, é um ácido graxo monocarboxílico saturado comumente encontrado em alimentos de origem vegetal e animal. É o principal constituinte do óleo de palma e o segundo componente em maior quantidade no óleo de abacate. Por ser um ácido graxo saturado, seu consumo em demasia favorece o desenvolvimento de complicações no sistema circulatório, como por exemplo, a aterosclerose (MARSIC e YODICE, 1992; BAUR, 1995 *apud*

GIOIELLI).

Por sua vez, o ácido linoleico, é um ácido graxo monocarboxílico di-insaturado essencial. Ou seja, faz-se necessário à sua ingestão equilibrada por meio da alimentação ou suplementação alimentar. Os ácidos oleico e linoleico contribuem na prevenção de problemas cardiovasculares.

Já o ácido palmitoleico, é um ácido graxo não essencial, monoinsaturado, popularmente conhecido como ômega 7. Este ácido está presente em todos os tecidos do corpo humano, sendo encontrado em maior concentração no fígado. Ele auxilia no combate a diabetes, aumento da saciedade, redução na taxa de LDL no sangue, contribuindo positivamente na saúde da mental, memória e na elasticidade das artérias.

2.2 Potássio

O potássio é um mineral abundante na natureza, sendo encontrado principalmente em águas salgadas juntamente com outros minerais (VAITSMAN, Delmo Santiago, 2001). Segundo Vaitsman (2001), o potássio é o sétimo elemento mais abundante da crosta terrestre, com cerca de 2,4% em peso.

O potássio é um elemento químico de símbolo K (do latim, *Kalium*, nome original da sua base⁷, o hidróxido de potássio ou KOH). Possui número atômico 19 e é um metal alcalino de massa atômica 39 u.m.a.. Segundo Peixoto (2004), o elemento em questão possui ponto de fusão (PF = 336,55 K) e ponto de ebulição (PE = 1033,15 K). Devido à sua alta reatividade, o potássio oxida-se com facilidade em ambientes úmidos, portanto reage drasticamente com a água, formando hidróxido de potássio (KOH) e liberando hidrogênio na reação. Assemelha-se quimicamente com o sódio, uma vez que ambos se encontram na mesma família periódica (1A). O potássio é bastante insolúvel, sendo difícil obter o metal puro a partir dos seus minerais.

O K é abundantemente encontrado na forma de depósitos de KCl (silvita) em meio a uma mistura de KCl e NaCl, a silvinita, e na forma de sal duplo $KCl.MgCl_2.6H_2O$ (carnalita). A principal fonte de potássio é a potassa⁸, extraída de

⁷ Humphrey Davy, em 1807 (NASCIMENTO, Marisa et al. 2008), por meio da eletrólise do KOH e NaOH, conseguiu, pela primeira vez, isolar o elemento K e o Na.

⁸ Potassa: nome comum de diversos derivados potássicos.

depósitos, principalmente, na Califórnia, Novo México e Utah nos Estados Unidos, e Alemanha. Sabe-se extração do potássio do mar é economicamente inviável devido à baixa concentração de seus sais, no entanto, tal processo torna-se viável ao extrair o potássio do Grande Lago Salgado (Utah) nos Estados Unidos, pois a concentração dos sais de potássio é de 20 a 25 vezes maior do que na água do mar.

2.2.1. Aplicações

O potássio dispõe de várias aplicações, segundo a engenheira agrônoma Ecila Maria Nunes Giracca (2016):

possui várias aplicações tais como metal empregado em células fotoelétricas; na forma de cloreto de potássio (KCl) e o nitrato de potássio (KNO_3) como fertilizantes; peróxido de potássio (K_2O_2) em aparelhos de respiração de bombeiros (como máscaras de oxigênio) e mineiros, o nitrato também é usado na fabricação de pólvora, o cromato de potássio (K_2CrO_4) e o dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) em pirotecnia, dentre outros empregos. (GIRACCA, Ecila Maria Nunes *et al.* 12/09/2016) (adaptado).

A maior abrangência em uso do potássio na atualidade é na agricultura, como fertilizante, por ser essencial no crescimento das plantas. Giracca *et al.*, comenta que o potássio é absorvido pelas plantas na forma do íon K^+ , e é um elemento com grande mobilidade, tanto dentro das células, como dentro de tecidos. Afirma ainda que tal elemento não é constituinte de nenhuma molécula orgânica nos vegetais, entretanto, contribui em várias atividades bioquímicas, sendo um ativador de grande número de enzimas, regulador da pressão osmótica (entrada e saída de água das células) e pela abertura e fechamento dos estômatos⁹. Ressalta ainda que o potássio é importante na realização da fotossíntese, na formação de frutos, resistência ao frio e às doenças.

Giracca *et al.*, também descreve que, em solos com deficiência de potássio, ocorre o acamamento (dormência) das plantas, entre outros problemas em seu desenvolvimento, como a clorose (deficiência em produzir clorofila), atraso e necrose na floração (afetando a fotossíntese), acarretando na diminuição nos frutos e no tamanho destes.

⁹ Estômatos: são estruturas constituídas por um conjunto de células localizadas especialmente na epiderme inferior das folhas, com a função de estabelecer comunicação do meio interno com a atmosfera, constituindo-se em um canal para a troca de gases e a transpiração do vegetal.

2.2.2 O potássio no corpo humano

O potássio tem grande importância no organismo humano, sendo o terceiro mineral mais abundante no corpo, inferior apenas ao fósforo e ao cálcio. Segundo Pós Estácio (2014), o potássio atua nos nervos e músculos, sendo que, junto ao sódio, regula a quantidade de líquido no corpo. O órgão responsável pela regulação de potássio no corpo humano é o rim, não devendo, portanto, consumi-lo em grande quantidade, para que as funções renais não sejam sobrecarregadas, podendo, ao invés de prevenir, causar câibras, náuseas, perda de reflexos, fadiga muscular, arritmia cardíaca e aumento abdominal. Sintomas como diarreia, vômitos, sudorese (transpiração) excessiva, desnutrição, são síndromes de má absorção de potássio Pós Estácio (2014). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a quantidade ideal de potássio a ser ingerida por um adulto é de, no mínimo, 3,51 gramas por dia, considerando a ingestão ideal do elemento, de 4,7 gramas por dia para um adulto de ambos os sexos, segundo o Conselho para Alimentação e Nutrição do Instituto de Medicina (2004). No entanto, a quantidade de potássio recomendada varia de acordo com a idade (Figura 5)

Idade	Nível adequado de ingestão de potássio de acordo com faixa etária (mg/dia)
0 - 6 Meses	400
7 - 12 Meses	700
1 - 3 Anos	3,000
4 - 8 Anos	3,800
9 - 13 Anos	4,500
14 - 18 Anos	4,700
> 18 Anos	4,700
Gravidez (14 - 50 years)	4,700
Lactação (14 - 50 years)	5,100

Figura 5: Recomendação de dieta para potássio. Fonte: Conselho para Alimentação e Nutrição do Instituto de Medicina - Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine.

O sódio e o potássio precisam estar em equilíbrio no corpo humano, pois, em conjunto, formam a “bomba” sódio-potássio, essencial para funções do organismo que estão relacionadas à concentração destes, que, quando adequada, auxiliam na respiração celular e na síntese de proteínas, além de favorecer a absorção de açúcares e aminoácidos pelas células musculares e nervosas.

A prática de exercícios físicos deve compensar a ingestão de potássio, pois o suor faz com que o organismo perca muitos sais minerais, além de a atividade muscular também esgotar mais rapidamente as reservas desses minerais no organismo.

Quando em níveis ideais no organismo, o potássio é essencial aos ossos, pois faz-se um dos responsáveis pela absorção de cálcio; na pressão arterial, pela relação de equilíbrio com o sódio; nas funções musculares, pois promove a contração e o relaxamento dos músculos, evitando fadigas e câimbra, além de que está ligado com a síntese de proteínas, ajudando na recuperação e crescimento muscular; apresenta-se também no sistema nervoso, pois ajuda na condutividade elétrica dos neurônios; no metabolismo pois regula os níveis de açúcar no organismo, por isso é considerado importante para pessoas diabéticas. Ao regular a produção de insulina, o potássio também auxilia na perda de peso, pois a insulina ajuda o organismo a acumular gordura; é essencial também ao coração, pois a junção de sódio e potássio contribui para a contração muscular, e por isso ajuda a manter o ritmo cardíaco normal, sua ausência pode levar a uma arritmia cardíaca; também é importante no que diz respeito ao estresse e ansiedade, já que o metal controla os níveis de adrenalina e cortisol, hormônios que têm relação direta com ansiedade e estresse.

2.3 Preparo de amostra

Segundo Krug (2016), o preparo de amostras envolve operações físicas e químicas, com o objetivo de preparar o material a ser analisado, minimizando interferências para que, posteriormente, este possa ser introduzido nos equipamentos de quantificação. Os procedimentos de tratamento de amostras para análise dependem da natureza da amostra e dos analitos a serem determinados e sua concentração, do método de análise e da precisão e exatidão desejadas (DUTRA *et al.*, 2004). Ainda segundo o autor:

Dentre todas as operações analíticas, a etapa de preparo de amostras é a mais crítica e, em geral, é onde se cometem mais erros, que se consome mais tempo e de maior custo. Idealmente, o procedimento de tratamento da amostra deve apresentar simplicidade, rapidez, utilizar pequenos volumes de ácidos, permitir a dissolução de grande número de amostras e, finalmente, produzir resultados precisos e exatos.

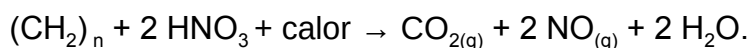
Apesar de existirem determinados equipamentos nos quais a amostra sólida possa ser introduzida diretamente para a análise, a maioria dos instrumentos analíticos requer que estas estejam em soluções ou suspensões KRUG (2016). Segundo PRESTES *et al.* (2009), perdas de analito nesta etapa podem comprometer drasticamente o resultado final do experimento, desta maneira, esta etapa se torna crucial e demanda muita atenção dentro de todo o processo analítico.

2.3.1 Digestão por via úmida

Também chamada de decomposição oxidativa, a digestão por via úmida consiste “na decomposição de compostos orgânicos e inorgânicos em seus elementos constituintes empregando ácidos minerais e aquecimento” (SOUSA, *et al.* 2015).

Ainda segundo Sousa (2015), um dos ácidos comumente utilizados na digestão de matéria orgânica por via úmida é o ácido nítrico (HNO₃), pois este é facilmente encontrado com alta pureza, possui capacidade oxidante e também seus compostos geralmente são solúveis em meio aquoso.

Uma mistura muito utilizada em decomposição é de ácido nítrico e peróxido de hidrogênio (H₂O₂), isso se deve, pois, o peróxido de hidrogênio possui um caráter bastante oxidante, gerando assim, uma digestão mais efetiva e, como a água é um produto da decomposição, facilita o descarte de resíduos (SOUSA, *et al.* 2015). A reação do ácido nítrico com a matéria orgânica pode ser descrita como:



2.3.2 Fotometria de chama

A fotometria de chama é uma técnica analítica para quantificação de alguns metais da família dos Alcalinos (1A) e Alcalinos-Terrosos (2A), que possuem, respectivamente, 1 e 2 elétrons na camada de valência, conferindo-lhes, assim, baixa energia para excitar os elétrons. Deste modo, viabiliza-se a utilização da fotometria de chama, uma vez que o calor da chama será suficiente para excitar o elétron, além de apresentar baixo custo para determinação de potássio (K⁺).

A técnica baseia-se na geração de átomos livres no estado gasoso, no qual

a energia externa é suficiente para, além de gerar átomos gasosos, fazer com que ocorra a excitação de átomos neutros (por exemplo, Na, Li, Ca e K).

Os componentes básicos de um fotômetro de chama são: um sistema para introdução de amostra (nebulizador); atomizador (chama); seletor de comprimento de onda (filtro), detector (fotodetector), e o amplificador que trabalha com o sinal do fotodetector e leva para o mostrador, que apresentará a leitura ao usuário, como ilustrado na Figura 6.

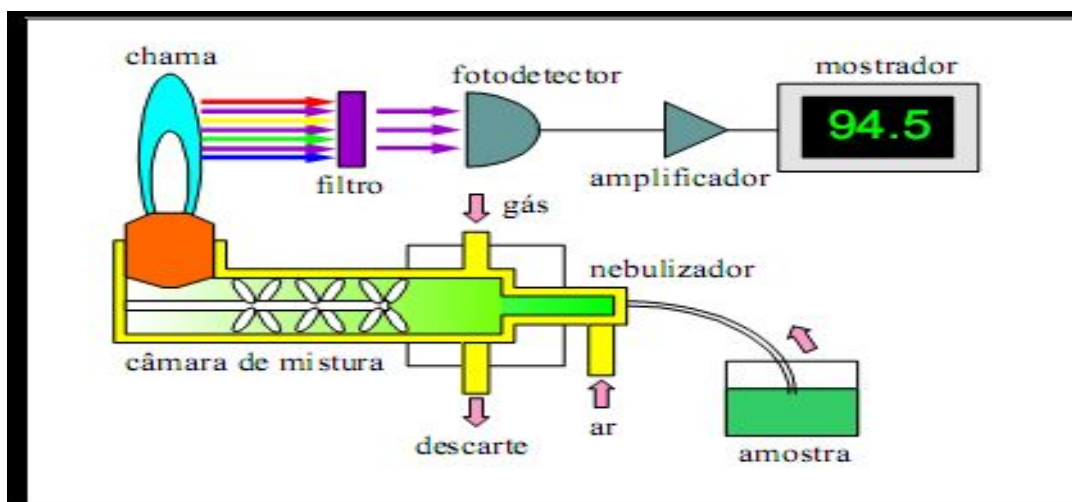


Figura 6: Componentes básicos de um fotômetro de chama.

Fonte: SOUSA, Rafael Arromba de. Fotometria de Emissão em Chama: introdução teórica. Juiz de Fora: Grupo Baccan de Química Analítica, 2011. 8 p. Disponível em: <http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/Guia-de-estudos-Fotometria-de-chama-2S_2011-Modo-de-Compatibilidade1.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

De acordo com Okumoura e Cavalheiro (2004), Bunsen e Kirchhoff, reconheceram as linhas negras do espectro sendo coincidentes às linhas de emissão de sais introduzidos em uma chama. Foi a partir desses estudos que foram reconhecidas as linhas espectrais resultantes de metais que ocorrem em comprimentos de onda definidos. Cada linha representa um espectro que corresponde a um comprimento da onda, assim cada elemento possui seu espectro com suas características específicas. Portanto pode-se reconhecer os comprimentos de onda específicos do potássio (K).

Seu funcionamento ocorre quando a amostra, contendo os cátions metálicos, é inserida em uma chama, sendo esta, composta por gases submetidos à alta temperatura, como exemplos: Ar-GLP 1700 – 1900 °C ou Ar-acetileno 2125 –

2397 °C, nos quais ocorrem fenômenos físicos e químicos, como evaporação, vaporização e atomização. Os átomos excitados voltam para seu estado fundamental, liberando parte da energia recebida na forma de radiação, em comprimentos de onda característicos para cada elemento químico.

A análise inicia quando a amostra é aspirada pelo nebulizador, sendo convertida em um aerossol (mistura líquido-gás), em seguida, há pré-seleção das gotículas, sendo apenas as menores introduzidas na chama, as gotículas maiores são descartadas por meio de um dreno. No momento que as gotículas menores entram em contato com a chama, diversos processos físico-químicos ocorrem, até a geração de átomos livres na fase gasosa, no qual os elétrons do analito são excitados pela chama e, ao retornarem ao seu estado fundamental, ocorre a liberação de energia na forma de radiação eletromagnética (luz) (OKUMURA *et al.*, 2004).

Segundo Barques (2010), a luz passa pelo seletor de comprimento de onda, sendo ele um sistema que isola a energia radiante de um comprimento de onda determinado, excluindo outros comprimentos de onda. Seletores de comprimento de onda podem ser monocromadores, filtros, prismas ou grades de difração. Os detectores transformam a energia radiante em energia elétrica proporcionais a intensidade de radiação incidida no amplificador, convertendo assim em valores mensuráveis ao sinal analítico de medida (intensidade de emissão).

3 METODOLOGIA

Para a execução da metodologia proposta, utilizou-se de 4 diferentes variedades de abacate da espécie *Persea Americana* Miller, visando analisar quantitativamente o potássio nos frutos mais comuns disponíveis na cidade de Jaraguá do Sul, sendo estes comprados em feiras, mercados, ou mesmo, colhidos em residências da região. Quatro variedades foram analisadas: Avocado, Fortuna, Fuerte e Geada.

A digestão das amostras de abacate iniciou-se com a pesagem destes, *in natura*, em uma balança semi-analítica (KNWAAGEN, KN500/2). Para o método proposto e obtenção de valores mais confiáveis, realizou-se três triplicatas para cada

variedade de abacate, resultando em 9 amostras por variedade, isto devido ao número mínimo requerido para maior confiabilidade estatística segundo o Instituto Adolfo Lutz. Pesou-se os frutos inteiros, posteriormente sem o caroço e em seguida sem a casca, uma vez que as partes de interesse à pesquisa são o mesocarpo e o endocarpo, que foram homogeneizados com o auxílio de um pistilo e almofariz após sua pesagem, visando maior homogeneidade da amostra. Objetivando maior precisão de resultados, minimizando contaminações químicas relacionadas à presença de potássio nos materiais, preparou-se uma solução de limpeza de HNO_3 5% (v/v) na qual foram submersas as vidrarias utilizadas para a execução metodológica pelo período de 24 h.

Havendo realizado a maceração das amostras, proporcionando maior superfície de contato entre estas e o ácido usado na digestão, simplificando sua decomposição. Quanto ao caroço e a casca, ambos foram descartados em um recipiente próprio para resíduos orgânicos no campus. Após a homogeneização de cada abacate, individualmente, pesou-se aproximadamente 5 g da mistura em uma balança semi-analítica (KNWAAGEN, KN500/2), depositando-os em um béquer de 50 mL. Posteriormente, 15 mL de uma solução de HNO_3 33,33% (v/v) foram adicionados às amostras de abacate, utilizando-se de uma pipeta volumétrica de 15 mL. Após a adição da solução ácida, os béqueres foram transportados a uma chapa de aquecimento junto de um agitador magnético, objetivando digerir as amostras com maior velocidade e efetividade, aumentando, gradualmente, sua temperatura. Para cada triplicata da mesma variedade do abacate, realizou-se um branco analítico, visando detectar eventuais disparidades das quantidades de potássio nas vidrarias ou na água deionizada.

No decorrer do aquecimento das amostras em meio ácido, utilizou-se de termômetros de 100 °C visando monitorar a temperatura das mesmas, uma vez que o ponto de ebulição do HNO_3 é 362,05 K (88,9 °C) evitando o superaquecimento e, conseqüentemente, a perda de parte da amostra em razão da brusca eferescência. Foi necessário que as características visuais das amostras, no decorrer da digestão, fossem observadas, pois, conforme a temperatura se aproxima do ponto de ebulição do HNO_3 , há a formação de bolhas e liberação de gás no interior e na superfície dos béqueres. Dada esta observação, a chapa de aquecimento foi desligada (juntamente

dos agitadores magnéticos) quando a temperatura média das amostras encontrava-se em torno de 276 K (83 °C).

As amostras resfriaram-se a temperatura ambiente por cerca de 20 minutos, havendo, após tal intervalo de tempo, a adição de 5 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) às mesmas, devido ao seu alto poder oxidante, aumentando a efetividade da digestão quando misturado ao HNO₃.

Após a digestão, as amostras foram avolumadas para 100 mL em dois tubos cônicos do tipo Falcon (50 mL cada), objetivando dispersar as partículas resultantes para maior efetividade das filtrações, havendo maior volume de amostra para a posterior quantificação no fotômetro de chama e evitando possível saturação de potássio durante a análise.

Devido ao fato das digestões não degradarem completamente as amostras, havendo resíduos de abacate ainda sólidos na mistura, foi necessária a filtração das amostras. Para esta etapa, utilizou-se de três filtros de diferentes taxas de retenção de partículas, o filtro comum, filtro qualitativo e duas vezes o filtro quantitativo, respectivamente, sendo refeita a filtração, caso necessário. Assim, as amostras foram novamente avolumadas para 100 mL (em dois tubos Falcon de 50 mL) e deixadas em repouso a temperatura ambiente. Em seguida, foram levadas para o fotômetro de chama ANALYSER, modelo 910 MS, disponível no laboratório do campus IFSC - Campus Jaraguá do Sul, Centro, para a quantificação de potássio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das análises feitas nos laboratórios do IFSC - Campus Jaraguá do Sul, Centro e da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), obteve-se diversos resultados, os quais serão apresentados e discutidos a seguir.

4.1 Digestão por via úmida

Visando melhor aplicação do método de digestão em meio ácido, verificou-se, anteriormente, mediante testes, qual o ácido mais apropriado para as digestões das amostras de abacate, considerando o caráter oxidativo (para melhor efetividade nas digestões e degradação da matéria orgânica) e o volume a ser pipetado.

Os ácidos concentrados, isolados e/ou combinados que foram sugeridos para avaliação são: ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3), ácido clorídrico (HCl) e a mistura equimolar entre ácido clorídrico e ácido nítrico, todos na proporção de 30 mL para 10 g de amostra de abacate homogeneizada, a um primeiro momento, havendo, posteriormente, modificações no volume de ácido adicionado, conforme necessidade.

O pior desempenho apresentado pelos ácidos utilizados foi com aplicação apenas do HCl , havendo pouca efetividade na digestão e apresentado diversos particulados submersos e na superfície da mistura; O H_2SO_4 , devido ao seu alto poder desidratante, carbonizou a amostra, deixando, ainda, diversas partículas visíveis. A mistura de HCl com HNO_3 apresentou uma digestão com maior efetividade (havendo partículas menores), em relação às anteriores, no entanto, não tão efetiva quanto a digestão com apenas o HNO_3 , que digeriu majoritariamente toda a amostra de abacate, permanecendo apenas pequenas partículas. Diante dos resultados obtidos pelos testes preliminares, o ácido utilizado para a digestão das amostras de abacate foi o HNO_3 , tal qual teve seu desempenho beneficiado com a adição de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) às amostras, além de seu aquecimento.

As amostras da variedade Avocado, cujas digestões foram realizadas em triplicata, utilizando-se 3 diferentes frutos, possuíam mesocarpo e endocarpo mais consistentes, mesmo maduros, e menores massas (133,53 g, 157,75 g e 153,52 g) em relação às demais variedades. Devido a este fator, as digestões em meio ácido e na chapa de aquecimento ocorreram com maior lentidão, havendo, por vezes, necessidade de separação de aglutinações da amostra com um bastão de vidro; aumento da temperatura e da velocidade de agitação, objetivando promover maior superfície de contato entre a amostra e o ácido. Tais condições interferiram no método proposto, pois, uma vez que a amostra não foi completamente digerida (restando partículas), há a perda de analito e, conseqüentemente, diminuição dos teores de potássio.

As amostras da variedade Fortuna, cujas massas dos três frutos foram 590,58 g, 489,99 g e 632,10 g, apresentaram maior facilidade quanto à digestão em meio ácido e submetida ao aquecimento, pois possuem mesocarpo e endocarpo de menor consistência e com maior maciez, fator que contribuiu, inclusive, para sua

maceração e homogeneização. Obteve-se amostras bem digeridas e poucas partículas ao final da digestão.

Quanto às amostras da variedade híbrida Fuerte (de massas 315,25 g, 319,00 g e 342,71 g) as digestões das amostras em triplicata foram parcialmente efetivas, restando, poucas partículas, quando estas eram existentes. Tal eficiência deve-se, em parte, a seu aspecto físico pouco consistente e macio, facilitando a maceração e homogeneização dos abacates.

A variedade Geada, cujas massas dos frutos analisados foram 949,38 g, 443,67 g e 551,42 g, também teve desempenho similar aos demais abacates, havendo, quando visíveis, poucas partículas após sua digestão, embora a maceração e homogeneização fosse de maior dificuldade em relação às variedades Fortuna e Fuerte.

Diante dos resultados obtidos com a digestão em meio ácido (HNO_3 33,33% v/v 10 mL + H_2O_2 5 mL) aliada ao aquecimento e agitação magnética, percebeu-se uma constância com relação às digestões, pois todas as amostras, após digeridas, apresentaram poucas partículas ou sem sua existência, a olho nu, apresentando coloração amarelada ao final do aquecimento, evidenciando a eficiência parcial da metodologia aplicada para a digestão das amostras de abacate.

4.2 Digestão por micro-ondas no laboratório da UFSC

Visando adotar uma digestão de referência, durante a execução do projeto fez-se uma digestão de amostra do abacate da variedade Fortuna, visto que esta é comumente encontrada para a venda no varejo. Realizou-se a digestão no laboratório LEMA (Laboratório de Espectrometria de Massa e Atômica) do Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) utilizando o digestor micro-ondas (MICROWAVE TYPE MLS 1200 MEGA) apresentado na Figura 7.



Figura 7. Equipamento MICROWAVE TYPE MLS 1200 MEGA.
Fonte: arquivo do grupo.

Uma amostra de abacate digerida no forno digestor assistida com radiação micro-ondas fez-se necessária para realização de comparações com as digestões e quantificações realizadas no laboratório do IFSC - Campus Jaraguá do Sul, Centro, que devido à ausência do digestor micro-ondas, foi necessário o deslocamento até a UFSC, em Florianópolis.

O forno micro-ondas é um equipamento muito empregado nas universidades e empresas de grande porte para degradação íntegra de amostras majoritariamente orgânicas e inorgânicas. Este equipamento contém frascos de perfluoroalcoxi (PFA), polímeros resistentes a altas temperaturas e pressões, que são vedados, evitando assim perdas de analitos por volatilização.

Perreux e Loupy (2001) *apud* Moura, fizeram proposições acerca dos efeitos da interação entre micro-ondas e a matéria orgânica com o intuito de explicar resultados obtidos em reações químicas. Sugeriu-se, portanto, que a interação entre micro-ondas e a matéria orgânica resulta-se em dois efeitos distintos, o térmico e o não térmico, respectivamente. O primeiro efeito, que apresenta maior relevância na presente pesquisa em razão de seu objetivo, caracteriza-se pela intensa agitação de moléculas polares (dipolo) ou iônica induzida pelas micro-ondas. O aquecimento proporcionado à amostra com os ácidos e demais reagentes requeridos, associados à alta pressão (exercida pelo frasco fechado), resulta em uma eficiente digestão.

Na digestão feita com o abacate da variedade Fortuna, aplicou-se uma metodologia similar à das digestões realizadas no laboratório do IFSC, alterando, apenas, as quantidades de amostras e volume de ácido (adequando-se as exigências do equipamento). Utilizou-se 3 frascos (ou vasos) disponíveis, dois para uma duplicata da amostra e um para o branco analítico. Adicionou-se, com o auxílio de micropipeta, 0,5 mL de HNO₃ concentrado, 0,5 mL de H₂O₂ e 5 mL de água deionizada em cada vaso (Figura 8). O processo de homogeneização da amostra (abacate) foi realizado previamente no laboratório do IFSC.



Figura 8. Vasos, proteção dos vasos (denominado de camisas) e suporte para os vasos do forno digestor assistida com radiação micro-ondas (MICROWAVE TYPE MLS 1200 MEGA).

Fonte: Arquivo pessoal.

Após a digestão, verificou-se que a amostra ficou límpida e incolor (Figura 9), apresentando, portanto, um resultado visualmente superior aos as demais digestões realizadas no laboratório do IFSC com a chapa de aquecimento, não sendo necessária sua filtração antes de ser quantificada no fotômetro de chama.

Outro fato observado é a redução do tempo de preparo de amostra quando utilizado o micro-ondas, em comparação aos procedimentos convencionais utilizando-se a chapa de aquecimento.

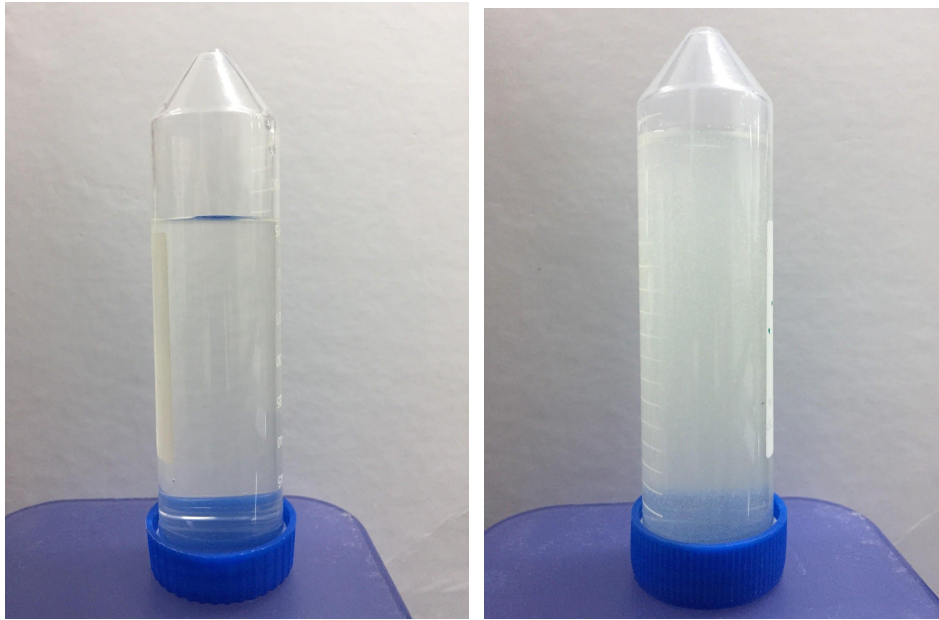


Figura 9: Amostra digerida na UFSC (à esquerda); amostra digerida no IFSC (à direita).
Fonte: arquivo pessoal.

4.3 Quantificações no fotômetro de chama

Posteriormente aos processos de limpeza dos materiais, homogeneização, preparo de amostra (digestão) e filtração, as amostras encontraram-se devidamente preparadas para a quantificação de potássio, visando a necessidade que a mesma estivesse devidamente digerida, não restando particulados após sua filtração, para uso do fotômetro de chama, evitando assim danos ao equipamento.

Utilizou-se para quantificação, o fotômetro de chama ANALYSER modelo 910 MS (Figura 10), disponível no laboratório do campus IFSC - Campus Jaraguá do Sul, Centro.



Figura 10: Fotômetro de chama ANALYSER (910MS) do IFSC Campus Jaraguá do Sul - Centro.
Fonte: Arquivo pessoal

Um importante processo realizado antes da quantificação de amostras foi determinar a taxa de aspiração¹⁰ (em mL/min) do fotômetro de chama, pois possibilitou que o equipamento aspirasse a mesma quantidade de amostra em todas as análises, sistematizando operacionalmente as quantificações, portanto, o valor da taxa de aspiração adotado foi de 4,1 mL/min, deste modo, antes de qualquer quantificação iniciasse, verificou-se se a taxa de aspiração encontrava-se em um valor igual ou próximo a este ($\pm 0,5$ mL/min), mantendo taxas constantes e aferindo caso apresentasse outro valor.

Utilizou-se a solução padrão de 1007 ppm (mg/L) de potássio (K) da SpecSol, sendo diluída para a concentração de 100 ppm objetivando que as quantificações ocorressem nessa faixa. Em casos de saturação, foi necessário realizar diluições da amostra (em 2, 4, e até 10 vezes) para então, quantificar novamente, considerando as diluições nos cálculos posteriormente. Durante o processo de quantificação, foram realizados testes para a utilização do padrão de 20 ppm, porém, o equipamento não apresentou sensibilidade suficiente para detecção do potássio, impossibilitando a quantificação em menor concentração.

¹⁰ Taxa de aspiração: é a quantidade succionada da amostra por um período de tempo, comumente apresentada em mL/min.

Durante a utilização do fotômetro de chama, algumas amostras acarretaram no entupimento do capilar do nebulizador, responsável pela aspiração da amostra (sistema de introdução de amostra), em consequência de pequenos particulados não digeridos, afetando diretamente a aspiração e quantificação destas. Para solucionar tais inconveniências, foi requerido uma nova filtração das amostras e a limpeza do equipamento.

Com o intuito de comparar os resultados com os valores apresentados pela TACO (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 4ª edição revisada e ampliada, 2011), cujos dados de quantidades de minerais (incluindo o potássio) são apresentados em mg/100g do fruto, optou-se por utilizar a mesma unidade de medida para melhor compreensão e interpretação dos resultados.

Os resultados obtidos no fotômetro de chama se deram através da média das três triplicatas de cada variedade de abacate analisada, além da digestão da variedade Fortuna realizada na UFSC. A média e o desvio padrão das medidas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Concentrações média de potássio (mg/100 g do fruto) e seu respectivo desvio padrão. Número de amostras analisadas por variedade foi de 9.

Variedade	Média	Desvio padrão ¹¹
Fortuna UFSC	1452,36	± 0,00
Fortuna	186,37	±16,85
Avocado	576,66	±85,12
Geada	216,21	±19,49
Fuerte	109,57	±10,51

Fonte: Elaborado pelo grupo.

Durante as primeiras quantificações, observou-se que a utilização de vidrarias limpas em ácido nítrico (HNO₃) 5% (v/v), em relação às não limpas não apresentaram significativas diferenças quanto a eventuais contaminações com potássio, obtendo-se valores entre 0 a 1 ppm com vidrarias limpas pela solução de

¹¹ Desvio padrão: é uma medida para calcular a variância dos resultados, fornece informações de dispersão de uma distribuição de dados em relação a uma média. Um desvio padrão maior indica que os dados estão mais espalhados quanto a média, se esse número for menor, significa que os dados tendem a estar mais próximos em torno da média.

limpeza ou não. Porém, para evitar quaisquer fontes de contaminação, para todas as análises realizadas, foi utilizada vidrarias limpas com HNO₃.

Observando os resultados descritos na Tabela 1, nota-se que a digestão por micro-ondas resultou em um teor de potássio significativamente maior (1452,36 mg/100g) em relação aos demais valores obtidos pelas digestões na chapa de aquecimento e o valor apresentado pela TACO. Um possível intermédio nesse resultado é a efetividade da digestão da amostra. Como visto na Figura 9, na qual compara as amostras digeridas; a amostra “Fortuna Microondas” teve uma digestão visivelmente mais efetiva (límpida e incolor); já as amostras realizadas no laboratório do IFSC, apresentaram pequenos particulados visíveis e coloração levemente amarelada, sendo este um possível entremeio nos resultados obtidos, além disso, parte da amostra não digerida foi retida no filtro durante as filtrações, e consequentemente, houve perdas de analito.

Assumi-se o resultado do abacate Fortuna digerido na UFSC como referência, devido a efetividade da digestão, já que é um método indicado por normas e regulamentos internacionais. As digestões em meio ácido, com aquecimento na chapa resultaram em uma concentração similar ao descrito pela TACO, foi devido também à metodologia similar à da tabela, conforme foi descrito no artigo desta. A amostra digerida no microondas, apesar da disparidade apresentada com as digestões do IFSC e da TACO, procede refutar-se qualquer probabilidade de contaminação devido ao branco analítico e a limpeza das vidrarias. Visto que os resultados obtidos pela metodologia da presente pesquisa assemelham-se aos da TACO e, considerando que as digestões realizadas no IFSC não efetivaram-se completamente (restando partículas), assume-se que ambos os resultados estão equivocados, em comparação às digestões realizadas pelo microondas, equipamento de maior confiabilidade analítica, em comparação às digestões por via úmida.

4.4 Comparação com tabela de alimentos

As frutas selecionadas para a comparação dos teores de potássio, com as análises realizadas nos abacates, tiveram como critérios de escolha: 1) “Ser frutas economicamente acessíveis para o consumidor e”; 2) “Ter popularidade na cidade

de Jaraguá do Sul, (mesmo critério utilizado para a escolha das variedades de abacate)”. A Tabela 2 apresenta a comparação das concentrações de potássio para algumas frutas populares e economicamente acessíveis em Jaraguá do Sul.

Observa-se que os abacates da variedade Fortuna (186,37 mg/100 g) e da variedade Geada (216,21 mg/100 g) estão próximos aos valores descritos para o abacate (*Persea americana* Miller) apresentado na tabela TACO (206 mg/100 g).

As variedades Fortuna, Avocado e Geada apresentam valores superiores às frutas selecionadas (com exceção da banana). A variedade *Fuerte* apresentou menor teor do mineral, em comparação com os demais frutos da Tabela 2, evidenciando a superioridade dos teores de potássio em frutos do abacateiro.

Tabela 2. Quantidade de potássio mg/100 g de parte comestível do fruto.

Fruta	Potássio (mg) em 100 g de parte comestível do fruto:
Abacate (<i>Persea americana</i> Miller)	206
Laranja Baía (<i>Citrus sinensis</i>)	174
Laranja Lima (<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck)	130
Laranja Pêra (<i>Citrus sinensis</i>)	163
Maçã Argentina (<i>Malus domestica</i>)	117
Maçã Fuji (<i>Malus domestica</i>)	75
Banana Nanica (<i>Musa acuminata</i> Colla x <i>Musa balbisiana</i> Colla, Grupo AAA)	376
Banana Prata (<i>Musa acuminata</i> Colla x <i>Musa balbisiana</i> Colla, Grupo AAB)	358
Banana da terra (<i>Musa acuminata</i> Colla x <i>Musa balbisiana</i> Colla, Grupo AAB)	328

Fonte: Dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO 4ª edição revisada e ampliada, 2011 (adaptada).

Uma possível consideração ao resultado das variedades Fortuna e Geada, é que uma dessas variedades foi provavelmente selecionada para quantificação e

apresentadas na Tabela TACO, pois são as variedades mais comumente disponíveis para venda no comércio. Observando os resultados da presente pesquisa, as quantificações revelaram valores similares (considerando o desvio padrão) ao valor apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos .

4.5 Tratamento dos resíduos

Durante a execução do projeto, utilizou-se ácidos para a abertura das amostras, gerando resíduos nocivos à saúde humana e à biodiversidade, se descartados incorretamente. Considerando que as amostras não deveriam ser descartadas diretamente na pia do laboratório (pois poderiam danificar tubulações devido ao alto pH, por exemplo), adotou-se o procedimento de neutralização com $\text{CaO}_{(s)}$ (cal), para que o resíduo já neutralizado, fosse devidamente descartado.

Os resíduos orgânicos (casca, caroço e polpa do abacate) foram descartados normalmente em lixeiras orgânicas do campus ou reaproveitados como adubo orgânico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fruto do abacateiro é bastante consumido no Brasil e em demais países tropicais e subtropicais devido a sua alta produtividade e valor nutricional, tendo em vista os teores significativos de potássio encontrados em sua polpa (mesocarpo e endocarpo), segundo informações da literatura. Tais informações, no entanto, são apresentadas de maneira genérica, não considerando, de maneira individual, as diversas variedades de abacates existentes em relação as concentrações de potássio, que se mostraram distinta na presente pesquisa.

Embora haja frutas popularmente conhecidas pelo seu índice de potássio, como a banana, para quem deseja uma alimentação com a mesma qualidade nutricional ou até superior, pode ser substituída pelo abacate, pelos diversos benefícios ao corpo humano, como a prevenção de câibras e contribuindo, em geral, para diversas atividades bioquímicas do organismo. Para isto, fez-se necessário comparar os valores deste elemento obtidos metodologicamente com valores de outras opções de frutas.

Nos resultados obtidos pela presente pesquisa, pôde-se observar que os teores de potássio (K) em frutos de uma mesma variedade se mantêm similares como visto nos abacates Fortuna (186,37 ±16,85 ppm), Avocado (576,66 ±85,12 ppm), Geada (216,21 ±19,49 ppm) e Fuerte (109,57 ±10,51 ppm). Outro fator relevante foi a disparidade das quantidades de K nas diferentes variedades, visto que o Avocado apresenta um valor superior em comparação às demais variedades analisadas e ao valor informado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.

A partir da análise dos dados, pode-se confirmar a hipótese de que “há grande diferença na quantidade de potássio entre as variedades de abacate analisadas”, havendo grande disparidade entre estas, possuindo o Avocado a maior quantidade de potássio e o Fuerte, a menor quantidade. As variedades Geada e Fortuna apresentaram valores menos discrepantes entre si.

De acordo com as análises realizadas, notou-se a superioridade do Avocado com relação ao seu teor de potássio com todas as frutas da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos selecionadas para a presente pesquisa, confirmando a hipótese de que “o abacate pode substituir outras frutas com relação à sua quantidade de potássio”.

Em contrapartida, a hipótese “o abacate, em comparação a outras frutas ricas em potássio, possui o maior valor deste mineral”, foi parcialmente confirmada, tendo em vista que, no geral, os teores de potássio no abacate são inferiores aos teores do elemento na banana (com exceção do avocado), mas superiores ou similares aos das demais frutas.

O objetivo principal da presente pesquisa visou analisar quantitativamente o potássio (K) em diferentes variedades de abacate, sendo estes comprados e/ou coletados em Jaraguá do Sul para, posteriormente, realizar uma comparação com outras frutas segundo valores obtidos a partir de conhecimento teórico. Tal objetivo cumpriu-se, visto que uma metodologia para a digestão das amostras das quatro variedades de abacate foi realizada em triplicata, assegurando desempenho estatístico dos resultados, para que uma comparação com outras frutas (laranja, maçã, banana) presentes na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos pudesse ser realizada.

Todos os objetivos específicos foram alcançados, uma vez que foi possível:

1) Analisar o teor de potássio na polpa das variedades de abacate Avocado, Fortuna, Fuerte e Geada; 2) Investigar qual das variedades de abacate analisadas possui maior teor de potássio, neste caso, segundo as análises realizadas foi a variedade Avocado ($576,66 \pm 85,12$ mg de potássio por 100 g de abacate); 3) Realizar uma comparação teórica do teor de potássio nas diferentes variedades de abacate com outras frutas comumente consumidas na cidade de Jaraguá do Sul, para tal, utilizou-se da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos; 4) Verificar métodos adequados para a abertura de amostra e análise do potássio, visto que a digestão com HNO_3 (33,33% v/v) + H_2O_2 foi parcialmente satisfatória, mas uma eficiente digestão de referência para as demais foi realizada na UFSC, por microondas .

A presente pesquisa possibilitou responder à problemática, constatando que o abacate é realmente rico em potássio e a quantidade deste mineral na fruta pode ser uma opção alternativa para a substituição de outras frutas, visto que comparações foram realizadas e as quantificações no fotômetro de chama, devidamente executadas, provando a abundância do elemento potássio no abacate.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANALYSER, Comércio e Indústria LTDA. **Manual de Instruções Fotômetro de Chama 910MS**. São Paulo, 2014. 13 p.

BASQUES, José Carlos. **Fotometria e Padronização**. Labtest Diagnóstica SA. set. 2010. Disponível em: <<http://www.labtest.com.br/download.php?a=6766>> Acesso em 20 out. 2017, às 12:30min.

CEAGESP. **Normas de Classificação: Abacate**. 2015. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/images/stories/folders/folder_abacate.PDF>. São Paulo. Acesso em: 08 jun. 2018, às 21h10min.

INSTITUTO AGRONÔMICO IAC (São Paulo). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Centro de Frutas**. 1998. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/frutas/frutiferas_cont.php?nome=Abacate>. Acesso em: 15 nov. 2017.

FUKUSHIMA, Walter Yoshinori. (Centro Médico Delta.) Disponível em: http://www.centromedicodelta.com.br/website/index.php?option=com_content&view=article&id=59:por-que-a-gente-sente-caimbra&catid=36:medicina&Itemid=62. São Paulo. 2017. Acesso em 19 set. 2017, às 17h15min.

DAIUTO, Érica Regina; et al. **ATIVIDADE DA PEROXIDASE E POLIFENOLOXIDASE EM ABACATE DA VARIEDADE HASS, SUBMETIDOS AO TRATAMENTO TÉRMICO**. 2008. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/813/81315076003.pdf>. Acesso em nov. 2017, às 14h05min.

DAIUTO, Érica Regina; et al. **COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA POLPA E RESÍDUOS DE ABACATE 'HASS'**. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v36n2/v36n2a18> Acesso em 14 out. 2017, 15h12min.

DONADIO, Luiz Carlos. **Abacate para Exportação: Aspectos Técnicos da Produção**. Brasília, 1995. Disponível em: http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00061880.pdf. Acesso em: 08 mai. 2018, às 17h59min.

DUARTE, Patrícia Fonseca; et al. **Abacate: características, benefícios à saúde e aplicações**. 2016. Santa Maria, Brasil. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000400747&lang=pt. Acesso em: out. 2017, às 03h04min.

Faculdade Estácio. **A importância do potássio para a saúde**. 13/06/2014. Brasil. Disponível em: <http://www.posestacio.com.br/a-importancia-do-potassio-para-a-saude/noticia/594>.

Acesso em: out. 2017, às 23h34min.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química Integral**: química ensino médio. São Paulo: Editora ática, 1993. 623 p. Acesso em: 3 nov. 2017.

Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine. Potassium. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. Washington, D.C. National Academies Press 2005:186-268. Acesso em: nov/2017.

GIRACCA, Ecila Maria Nunes; et al. **Potássio**. 12/09/2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/potassio_361446.html. Brasil. Acesso em: out. 2017.

GIOIELLI, Luiz A. **Óleos e gorduras vegetais: composição e tecnologia**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v5n2/a08v5n2.pdf>. Acesso em: nov. 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Procedimentos e Determinações Gerais. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: IMESP, 1985. Cap. IV p. 13.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Abacate: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. TEIXEIRA, Cyro Gonçalves; CASTRO, Josalba Vidigal de; BLEINROTH; Ernesto Walter; MARTIN, Zeno José de; TANGO, João Shojiro; TURATTI, Jane Menegaldo; LEITE, Rosângela S.S Fernandes; GARCIA, Ana Eloisa Brito. Segunda edição - Revista e Ampliada. Campinas, ITAL, 1991.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Abacate**, 1992. Acesso em: 17 set. 2017, às 10h35min.

INSTITUTO AGRONÔMICO IAC (São Paulo). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Centro de Frutas**. 1998. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/frutas/frutiferas_cont.php?nome=Abacate >. Acesso em: 15 nov. 2017.

KRUG, Francisco José. **Métodos de preparo de amostras para análise elementar**. Editado por Francisco José Krug; Fábio Rodrigo Piovezani Rocha. São Paulo: EditSBQ - Sociedade Brasileira de Química, 2016. 572 p: il.

LEITE, Diego de Oliveira e PRADO, Rogério Junqueira. **Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 2,2504 (2012).> Acesso em: 3 de nov. 2017.

MESQUITA, Glenda Maris. **Metodologias de preparo de amostras e quantificação de metais pesados em sedimentos do Ribeirão Samambaia, Catalão-GO, empregando Espectrometria de Absorção Atômica**. Programa de Pós-Graduação em Química - Mestrado, UFG, 2000, Goiás, pg 13.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **OMS divulga novas orientações para consumo diário de sal e potássio.** 2010. Brasília. Disponível em: <http://prodiet.com.br/blog/2013/02/14/oms-divulga-novas-orientacoes-para-consumo-diario-de-sal-e-potassio/> Acesso em: out. 2017, às 18h24min.

MOURA, Fernando A. L. **Avaliação da digestão de amostras de piche assistida por radiação de micro-ondas e determinação de metais por ICP OES.** Publicado em 2006. Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.bdtd.ndc.uff.br/tde_arquivos/12/TDE-2006-10-27T151657Z-536/Publico/ferandomoura.pdf. Acesso em: 04 jun. 2018, às 12h10min.

NACHBAR, Renato T. **Efeitos do ácido palmítico e palmitoleico sobre o metabolismo de glicose no músculo sóleo de ratos.** 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42137/tde-29012013-102458/pt-br.php> Acesso em: nov. 2017, às 23h45min.

NASCIMENTO, Marisa. **Agrominerais: Potássio.** 2008. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/08-agrominerais-potassio.pdf> Acesso em: 26 out. 2017, às 14h14min.

NEPA, Núcleo De Estudos E Pesquisas Em Alimentação; UNICAMP, Universidade Estadual De Campinas. **Tabela brasileira de composição de alimentos – taco 4ª edição revisada e ampliada.** Campinas, São paulo. 2011. Disponível em: http://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 17 abr. 2018, às 11h55min.

NOUAILHETAS, Yannick. (Comissão Nacional de Energia Nuclear). **Radiações Ionizantes e a vida.** Rio de Janeiro, p.2-42, 2005. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/radiacoes-ionizantes.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2018, às 17h20min.

OKOMURA, Fabiano; CAVALHEIRO, Éder. **Experimentos Simples Usando Fotometria de Chama para Ensino de Princípios de Espectrometria Atômica em Cursos de Química Analítica.** Quim. Nova, Vol. 27, No. 5, 832-836, 2004.> Acesso em 26 out. 2017, às 11h26min.

OLIVEIRA, Marcelo Caetano; et al. **Fenologia e características físico-químicas de frutos de abacateiros visando à extração de óleo.** 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/331/33125632005/> Acesso em: out. 2017, às 12h30min.

OLIVEIRA, Inez Vilar de Moraes. **PROPAGAÇÃO E DIFERENCIAÇÃO FLORAL DO ABACATEIRO.** 2006. São Paulo. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105226/oliveira_ivm_dr_jabo.pdf?sequence=1. Acesso em: 05 jun. 2018, às 18h35min.

PEIXOTO, Eduardo Motta Alves. Elemento Químico: Potássio. **Química Nova na Escola.** 2004, maio no19. Disponível em:

<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a14.pdf>> Acesso em: 02 nov. 2017, às 16h35min.

REAL JUNIOR, Vicente; FERRAZ, Luiz Francisco M.; RABELLO, Ladislau Marcelino. **CUIDADOS BÁSICOS COM FOTÔMETRO DE CHAMA**. São Paulo: Embrapa, 1997. 7 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/30031/1/RT0797.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2018, às 08h40min.

RESTES, O. D. et al. QuEChERS – UM MÉTODO MODERNO DE PREPARO DE AMOSTRA PARA DETERMINAÇÃO MULTIRRESÍDUO DE PESTICIDAS EM ALIMENTOS POR MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS ACOPLADOS À ESPECTROMETRIA DE MASSAS. **Química Nova**, Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 1620-1634, set./ago. 2009.

SOUSA, Rafael Arromba de; CAMPOS, Náira da Silva; ORLANDO, Ricardo. **Preparação de amostras para análise elementar**. Disponível em: <http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/07/Apostila-PREPARO-DE-AMOSTRAS-Anal%C3%ADtica-Avan%C3%A7ada.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2017, às 16h38min.

SOUSA, Rafael Arromba de. **Fotometria de Emissão em Chama**: introdução teórica. Juiz de Fora: Grupo Baccan de Química Analítica, 2011. 8 p. Disponível em: <http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/Guia-de-estudos-Fotometria-de-chama-2S_2011-Modo-de-Compatibilidade1.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018, às 16h30min.

TANGO, João Shojiro et al. **Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo**. São Paulo-Campinas, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbf/v26n1/a07v26n1.pdf>. Acesso em 17 ago. 2017, às 12h40min.

VAITSMAN, Delmo Santiago; et al. **Para que servem os elementos químicos**, 2001. Ed. 1. Porto Alegre - RS. Acesso em: 16 set. 2017, às 13h24min.