

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina.

Campus Jaraguá do Sul

Curso Técnico em Química (Modalidade: Integrado)

Brenda Kretschmer

Gabriel Grondek Pedroso

Gerson Luiz da Cruz Junior

João Vitor Kochella dos Santos

Lucas Eduardo Klein

Thaíssa Gabrielle de Sousa Krueger

Vinícius Alexandre

**ANÁLISE QUANTITATIVA DE SÓDIO E POTÁSSIO EM DIFERENTES ESPÉCIES
DE BANANA**

Jaraguá do Sul, 2015.

Brenda Kretschmer

Gabriel Grondek Pedroso

Gerson Luiz da Cruz Junior

João Vitor Kochella dos Santos

Lucas Eduardo Klein

Thaíssa Gabrielle de Sousa Krueger

Vinícius Alexandre

ANÁLISE QUANTITATIVA DE SÓDIO E POTÁSSIO EM DIFERENTES ESPÉCIES DE BANANA

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade Integrado) do Instituto Federal Santa Catarina – Campus Jaraguá do Sul.

Orientador: Giovani Pakuszewski

Coordenadora: Anne Cristine Rutsatz Bartz

Jaraguá do Sul, 2015.

RESUMO

O setor bananicultor de Corupá (Santa Catarina) mostra promissor crescimento nas últimas décadas, de modo que fica evidente através do exponencial crescimento da produção de bananas a cada ano. Os macronutrientes, sendo responsáveis pela manutenção de importantes funções fisiológicas do corpo humano estão presentes também no fruto da bananeira, sendo que um deles, o potássio (K^+), é conhecido devido à sua elevada concentração na banana. Os macronutrientes podem ser determinados através de equipamentos de absorção e emissão atômica. A proposta dessa pesquisa é determinar a concentração de Sódio e potássio por Fotometria de Chama e comparar os resultados utilizando preparação das amostras por digestão seca e úmida. Nesse aspecto a pesquisa propôs quantificar o Sódio (Na^+) e potássio (K^+) em amostras tratadas por calcinação, de acordo com o método indicado pelo Instituto Adolfo Lutz, a fim de comparar resultados com amostras digeridas somente por meio de Digestão Ácida. Além da comparação entre os valores obtidos, esse trabalho apresenta a proposta de comparar os resultados obtidos para os teores de Sódio e potássio utilizando a Fotometria de Chama em relação aos obtidos por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). Apesar da disparidade dos valores, a pesquisa contribuiu para a discussão acerca da determinação de importantes elementos nutricionais, como é o caso do Sódio e o Potássio, cujos teores normalmente despertam o interesse dos consumidores, que depende desses métodos para o diagnóstico de composição adequada dos alimentos que consume.

Palavras Chaves: Banana. Sódio. Potássio. Fotometria de Chama. Digestão ácida. Calcinação. ICP-OES.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Produção de Banana	5
2.2. Composição da Banana	6
2.3. Cultivares de Banana	7
2.3.1. <i>Banana Nanicao (AAA)</i>	8
2.3.2. <i>Banana Prata (AAB)</i>	8
2.4. Macrominerais	8
2.4.1. <i>Sódio e Potássio</i>	9
2.4.2. <i>Bomba Sódio-Potássio</i>	11
2.5. Métodos da Pesquisa	12
2.5.1. <i>Digestão ácida</i>	12
2.5.2. <i>Calcinação</i>	13
2.5.3. <i>Fotometria de Chama</i>	13
3. METODOLOGIA	17
3.1 Classificação das amostras	18
3.2 Digestão das amostras	19
3.2.1. <i>Método por Calcinação (Adolfo Lutz) (Grupo io)</i>	19
3.2.2. <i>Método por meio de Digestão Ácida (Grupo io)</i>	21
3.2.3. <i>Amostras ICP-OES (Grupo ii)</i>	22
3.3 Análise por Fotometria de Chama	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1. Resultados (Grupo io)	28
4.2. Resultados (Grupo ii)	31
5.3. Fotometria de Chama e Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (Grupo ii)	33
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a banana é a segunda fruta mais cultivada, possuindo terras de cultivo presentes em todos os estados brasileiros. Além de seus grandes benefícios relacionados à economia, como fonte de arrecadação e geração de emprego, as bananas possuem um enorme potencial nutritivo, contribuindo significativamente para atingir os valores percentuais de ingestão diária de elementos como potássio, magnésio, cobre e boro, entre outros que tornam a banana essencial para o organismo.

O projeto de pesquisa do qual se originou esse estudo teve como objetivo analisar e quantificar o Sódio e potássio presentes em três espécies de bananas. Destas, a banana Maçã (AAB), banana Nanica (AAA) e banana Prata (AAB). Após o aprofundamento da pesquisa, junto da alteração na metodologia, ocorreu que foram analisadas as bananas Prata e Nanicão, provenientes do município de Jaraguá do Sul-SC.

Durante a pesquisa foi-se utilizado de dois métodos, um onde a determinação é feita por meio de Digestão Ácida e outro, recomendado pelo Instituto Adolfo Lutz, onde a determinação é feita por método de Calcinação de Amostras, para descobrir quantitativamente a presença de Sódio e potássio em diferentes espécies de banana e esclarecer qual método apresenta melhor resultado para a análise em questão.

Ambas as análises foram finalizadas com o uso de um Fotômetro de Chama, como forma de determinar a quantidade dos minerais presentes em cada uma das soluções executadas com os dois métodos. O projeto também pôde verificar a precisão do Fotômetro de Chama e comparar os resultados em relação aos obtidos por outro equipamento analítico, neste caso o Espectrometro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES).

A mudança do objetivo da pesquisa contribuiu para que fossem reformuladas hipóteses as quais antes não cabiam ao trabalho, e assim, foram trabalhados os resultados a fim de discutí-los e interpretá-los. Por fim, as considerações finais foram escritas com intuito de comparar cada resultado obtido durante a pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Produção de Banana

A economia de Corupá fundamenta-se principalmente na agricultura, focando-se no cultivo e processo de bananas, sendo responsável por aproximadamente 20% da produção estadual de banana, possuindo uma área de mais de 5.300 hectares plantados com uma produção anual de 148.130 toneladas (CEPA, 2012; IBGE, 2006).

A banana é a fruta mais consumida do mundo e o quarto alimento mais consumido, podendo ser considerada um dos alimentos mais populares do planeta, devido ao seu elevado valor nutricional e seu baixo custo de produção (SILVA NETO e GUIMARÃES, 2011).

Atualmente o Brasil é o quinto maior país produtor de bananas do mundo, ficando atrás somente da Índia, China, Filipinas e Equador, tendo apresentado na sua safra de 2013 uma área de colheita de 504 mil hectares produzindo 7,3 milhões de toneladas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO, 2013 apud SOUZA et al., 2013).

No Brasil, depois da laranja, a banana é a fruta mais cultivada e seu consumo per capita tem aumentado significativamente nos últimos anos, atingindo cerca de 31/kg/hab/ano (FAO, 2011). O clima brasileiro favorece tal produção de banana, tornando-se um grande para que a fruta possa ser ofertada no mercado interno durante todo o ano, com maiores variações nas estações mais quentes (VIEIRA, 2011).

No estado de Santa Catarina (SC), os maiores produtores de banana estão no Litoral Norte do estado, com 87% e no Sul Catarinense, com 10%. Em nível municipal, Corupá, participa com 20%, número ainda superior em relação às cidades de Luiz Alves, com 19%, Massaranduba, com 8%, Jacinto Machado, com 7% e Jaraguá do Sul, com 6% da produção estadual (EPAGRI, 2013).

A economia de Corupá fundamenta-se principalmente na agricultura, focando-se no cultivo e processo de bananas, sendo responsável por aproximadamente 20% da produção estadual de banana, possuindo uma área de mais de 5.300 hectares plantados com uma produção anual de 148.130 toneladas (CEPA, 2012; IBGE, 2006).

A banana cultivada em Corupá além de enorme importância comercial para o município, também possui um grande potencial para requerer o selo de Denominação de Origem (DO) e Identificação Geográfica (IG), o que está sendo estudado atualmente, mas para que ela receba o título de “Banana de Corupá”, deve ser antes determinada a composição química deste fruto, através de estudos a respeito do perfil mineral, nutricional e dos teores das principais substâncias que conferem as propriedades que o diferenciam das bananas de outras localidades (SEBRAE, 2014).

2.2. Composição da Banana

De acordo com Lima et al (2000), sendo um fruto tropical de origem asiática, a banana é importante na dieta humana por conta de seu potencial nutricional, essencialmente por seu valor calorífico, energético, mineral e vitamínico. Quando maturada apresenta cerca de 70% de água, 27% de carboidratos e 1,2% de proteínas.

A banana contribui significativamente para atingir os valores percentuais de ingestão diária de elementos como potássio, magnésio, cobre e boro, podendo ser utilizada como suplemento mineral alimentar (HARDISSON, 2001). Conforme Moreira (1987), a composição mineral por 100 g de parte comestível da Banana se encontram na Tabela 1.

Tabela 1- Composição mineral da banana

Minerais	Quantidade (mg·100g⁻¹)
Potássio	881
Cloro	118
Magnésio	31
Cálcio	29
Fósforo	29
Enxofre	10
Sódio	1
Manganês	0,99
Ferro	0,89
Zinco	0,19
Cobre	0,10

Fonte: Moreira (1987).

2.3. Cultivares de Banana

Sendo um dos alimentos mais consumidos no mundo, “A banana (*Musa* spp. L) compreende plantas gigantes, herbáceas perenes, pertencentes a classe Monocotyledonea, família Musaceae, ordem Scitaminea, que se desenvolvem em áreas tropicais e subtropicais úmidas” (SOUZA, 2002).

Segundo Souza (2002), o gênero *Musa* divide-se taxonomicamente em cinco secções: *Callimusa*, *Rhodochlamys*, *Australimusa*, *Ingentimusa* e *Eumusa*. Dentre estas, se destaca a *Eumusa*, que dispõe da maioria dos cultivares de banana. Esta seção apresenta dez espécies: *Musa acuminata*, *Musa balbisiana*, *Musa basjoo*, *Musa cheesmani*, *Musa flaviflora*, *Musa halabanensis*, *Musa itinerans*, *Musa nagensium*, *Musa schizocarpa* e *Musa sikkimensis*.

Em sua maioria originários do continente asiático, os cultivares de banana comestíveis evoluíram a partir das espécies diploides selvagens *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*, de modo que cada cultivar contenha combinações variadas de genomas dessas espécies parentais. Para abranger cultivares originários destas, foi proposto por Simmonds (1973), a utilização do termo “subgrupo” para denominar as espécies originárias por mutação. Desta forma a letra A corresponde à *M. acuminata*, enquanto B representa o genoma de *M. Balbisiana*, originando os “subgrupos” resultantes da combinação dos dois genomas, como são AA, BB, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB e ABBB. Entre os subgrupos que mais se destacam são o subgrupo Cavendish (AAA), o subgrupo Plantain ou Terra (AAB) e o subgrupo Prata (AAB) (FONTES, 2001)

A evolução dessas espécies se deu em quatro etapas. A primeira etapa surgiu da observância da partenocarpia (capacidade de gerar polpa sem a produção de sementes), na mutação em *M. acuminata* (AA). Primordialmente os frutos da bananeira apresentam número elevado de sementes duras, que prejudicam o consumo. Supõe-se que a partenocarpia ocorreu apenas em *M. acuminata*, sendo as cultivares mais antigas diploides do subgrupo AA.

Dantas e Soares Filho ([?]), dão continuidade dizendo que a segunda etapa, é a hibridação entre cultivares do subgrupo AA e plantas selvagens de *M. balbisiana* (BB), produzindo híbridos do subgrupo AB, hoje raros e limitados na Índia, sua origem. A terceira e quarta etapa envolvem por meio de cruzamento espontâneo envolvendo pólenes das espécies parentais ou de cultivares AA, AB, “portadores de sacos embrionários diploides,

possibilitando a evolução de triploides, pela adição do número básico x (A ou B). Da mesma forma, os tetraploides dos grupos AAAB, AABB e ABBB evoluíram a partir dos três grupos triploides.” (DANTAS e SOARES FILHO, [?]).

2.3.1. *Banana Nanicão (AAA)*

A banana Nanicão, representante do subgrupo Cavendish (AAA), possui o cacho com peso aproximado de 25 kg, e seu fruto apresenta forma curvilínea, com tamanho variável de 15 x 4 cm, muito semelhante à Banana Nanica com de polpa coloração creme é muito doce e agradável ao paladar (SILVA et al., 1999; LEITE, 2001). A banana Nanicão é a subespécie mais cultivada no Brasil, e a principal cultivar comercializada, tanto no mercado brasileiro como no mundial (CAMPOS, 2003).

2.3.2. *Banana Prata (AAB)*

Juntamente com as cultivares Prata-Anã e Pacovan, a Banana Prata é responsável por aproximadamente 60% da área cultivada com banana no Brasil. Sendo muito comercializados na região do Grande Rio, com boa aceitação por parte dos consumidores.

De acordo com a Embrapa (2009), esse cultivar apresenta porte alto e pseudocaule de cor verde-amarela brilhante, seus cachos pesam cerca de 14 kg, com uma média de 82 frutos por cacho. De casca fina, os frutos têm comprimento médio entre 10 e 13 cm e pesam aproximadamente 100 g cada, demonstrando sabor doce a suavemente ácido.

2.4. **Macrominerais**

Os Macrominerais são elementos inorgânicos que o corpo humano necessita em grandes quantidades a fim de executar variadas funções fisiológicas importantes, como por exemplo, são responsáveis pelas contrações musculares, pela saúde estrutural dos ossos, controle dos pulsos elétricos que movem o coração, entre muitos outros (DIPARDO, [?]).

Entre os principais macrominerais podemos citar o Sódio (Na), o potássio (K), o magnésio (Mg), o fósforo (P), o cálcio (Ca) e o enxofre (S). Na tabela 2, podemos observar suas principais funções e alimentos dos quais os encontramos.

Tabela 2: Principais macrominerais, suas funções e ocorrências

Macrominerais	Funções	Fontes
Cálcio	Contração e dilatação dos vasos sanguíneos, transmissão de impulsos nervosos, movimento muscular e secreção de hormônios, saúde estrutural dos ossos	Leite, queijo, iogurte, couve, couve chinesa e brócolis
Enxofre	Componente importante da insulina, hormônio que regula os níveis de glicose no sangue. As proteínas que contêm enxofre fazem parte do processo de produção de energia para o bom funcionamento células, Componente da glutatona, um dos principais antioxidantes do organismo	Peixe, carne, aves, ovos, legumes, aspargos e alho
Fósforo	Construção de ossos e dentes fortes, ajudam os rins a filtrar materiais tóxicos no sangue, armazenagem e liberação de energia	Peixe, carne vermelha, aves, leite, grãos integrais, legumes e nozes
Magnésio	Regulagem dos níveis de glicose no sangue, responsável por promover um sistema imunológico saudável, síntese de proteínas e manutenção do sistema muscular e nervoso	Espinafre, soja, amêndoas e grãos integrais
Sódio	Controle da pressão arterial e volume de sangue, controle ácido-base no organismo	Alimentos salgados temperados com sal de cozinha
Potássio	Regulagem de impulsos elétricos que governam os batimentos cardíacos, construção de músculos e síntese de proteínas, quebra de carboidratos	Carnes vermelhas, frango, peixe, brócolis, ervilhas, batata doce, frutas cítricas, bananas, damascos, leite e iogurte

Fonte: DIPARDO, Robert; Healthy Eating: The Definition of Macrominerals; s/d; Disponível em: <<http://healthyeating.sfgate.com/definition-macrominerals-8848.html>> Acesso em: 09 fev. 2016.

2.4.1. Sódio e Potássio

O Potássio, de símbolo K^+ , é um metal alcalino de origem mineral, possui número atômico 19, e sua massa atômica corresponde a 39,098 u. É um mineral bastante abundante na maioria dos alimentos, especialmente em alimentos de origem vegetal, como a maioria das hortaliças e frutas, dentre estas, a banana (PEIXOTO, 2004.)

Segundo Gonçalves (2013), o Sódio (Na^+), possui número atômico 11 e, assim como o Potássio, é um metal-alcálico de origem mineral sendo o sétimo elemento mais abundante na natureza, compondo 2,6% da crosta terrestre e principalmente encontrado ligado ao Cloro (Cl), formando Cloreto de Sódio (NaCl) nas águas do oceano. Sua massa atômica corresponde a 22,9898 u.

Sendo utilizado cotidianamente na forma de Sal de cozinha (NaCl), o Cloreto de Sódio está presente em diversos produtos alimentícios, substâncias orgânicas e inorgânicas. O íon de Sódio (Cátion Na^+) é considerado por muitos pesquisadores na área da saúde o mais importante mineral no meio extracelular, contribuindo em grande parte para manter o equilíbrio aquoso e ácido básico do organismo, retendo água.

Segundo Guedes (2008), consumir Sódio excessivamente gera a liberação de hormônios, que causam desequilíbrio na retenção de líquidos, onde tal retenção torna-se excessiva, ocasionando o aumento da pressão sanguínea, a qual sobrecarrega o funcionamento do coração, sendo um grande risco à saúde, essencialmente de hipertensos.

Molina et al (2003), ressalta que atualmente o excesso do consumo de sal é uma das principais variáveis do aumento de doenças cardiovasculares e sanguíneas. A hipertensão arterial, uma das doenças causadas principalmente por esse excesso é reconhecida como um dos fatores de risco para com o desenvolvimento de acidentes cerebrais e infarto no miocárdio.

Assim, o consumo de Sódio deve ser equilibrado como quaisquer outros minerais e macronutrientes, seu excesso na alimentação pode ocasionar muitos outros problemas originados da hipertensão (pressão alta).

O consumo de Sódio por brasileiros vem sendo excessivo com o aumento dos produtos industrializados disponíveis no mercado. Alimentos calóricos são aqueles que possuem maior quantidade de Sódio, e são estes os principais causadores desse excesso de consumo que, em base diária, deveria ser equivalente a 6 gramas por adulto, sendo que o brasileiro consome em média de 15 a 20 gramas de Sódio por dia (PESSÔA, 2011).

Além dos alimentos industrializados, os de origem animal são os que mais apresentam nível elevado de Sódio, enquanto os alimentos de origem vegetal possuem pouca concentração deste mineral (GUEDES, 2008).

Cappuccio (1997), ressalta que como medida redutora da hipertensão arterial é necessária uma dieta moderada de Sódio e uma introdução de alimentos ricos em potássio, que além de regular a quantidade de água e de íons dentro de todas as células humanas e reduzir os efeitos adversos do consumo de sal, ainda contribui para o relaxamento muscular e para secreção de insulina através do pâncreas.

O Potássio (K) é o terceiro mineral mais abundante no corpo humano, ultrapassado apenas pelo Cálcio (Ca) e pelo Fósforo (P). Dos principais problemas que podem ser causados pela carência de potássio, pode-se citar alteração no ritmo cardíaco, fadiga crônica, acne, insônia, retenção de sal e debilidade muscular.

2.4.2. *Bomba Sódio-Potássio*

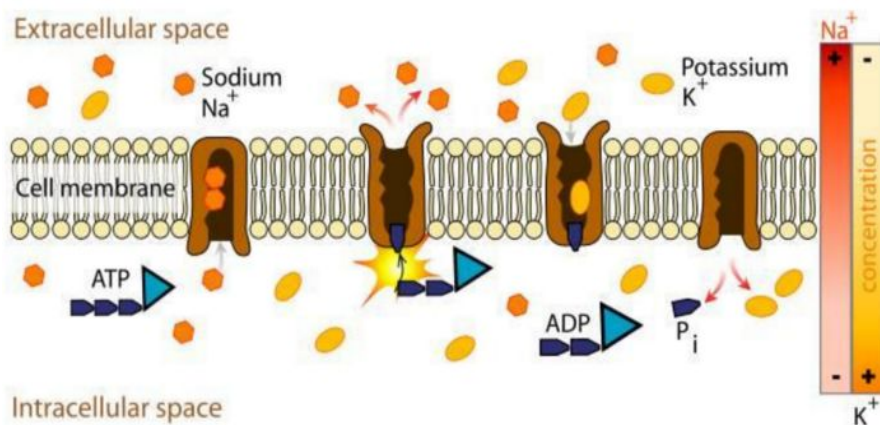
As células são as menores unidades vivas que o ser humano possui, assim como os animais, e são basicamente formadas por membrana plasmática, citoplasma e núcleo celular (SILVA, 2014). A membrana plasmática é fundamental para a vida celular, pois é responsável pela passagem de substâncias específicas ao interior da célula através de suas características físico-químicas, a chamada “permeabilidade seletiva”, que consiste em deixar entrar certas substâncias para o meio intracelular, ou retê-las, assim também como fazer a passagem do meio intracelular para o extracelular da mesma maneira (Association of the British Pharmaceutical Industry, 2012).

A permeabilidade seletiva é possível graças à composição da membrana plasmática que é constituída de algumas proteínas que são capazes de combinar-se com os íons (ou substâncias em geral) e transportá-los para o meio onde está mais concentrado. A proteína sofre uma mudança em sua forma para receber a substância ou íon e a energia necessária a esta mudança é proveniente da quebra da molécula de ATP (adenosina trifosfato) em ADP (adenosina difosfato) e fosfato (SÓ BIOLOGIA, s/d).

A permeabilidade seletiva pode ser feita através de transporte ativo (que há gasto de energia) e transporte passivo (não há gasto de energia). Um exemplo de transporte ativo é caracterizado pela presença de dois macrominerais, a bomba de Sódio-Potássio. Roppa (2015) descreve que a bomba de Sódio-Potássio é o sistema de regulação entre a quantidade de água e de íons Sódio (Na^+) e Potássio (K^+) no interior das células. O sistema é um mecanismo

(Figura 1) onde as concentrações necessárias de íons K^+ e Na^+ intra e extracelulares sejam ajustadas para possibilitar a transmissão de impulsos nervosos, assim também como forma de impedir a estumefação celular (onde a célula incha por causa da quantidade de Sódio dentro dela, havendo a possibilidade de rompimento da membrana plasmática (ZANUTO, 2012)).

Figura 1: Bomba Sódio-Potássio.



Fonte: VILLARREAL, Marina Ruiz. Scheme sodium-potassium pump. Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scheme_sodium-potassium_pump-en.svg>. Acesso em: 16 set. 2015.

2.5. Métodos da Pesquisa

2.5.1. Digestão ácida

A decomposição da matéria orgânica presente em uma amostra através da adição de um solvente é uma boa maneira de analisar substâncias determinadas. A decomposição da matéria orgânica presente em uma amostra é chamada de digestão ou abertura da amostra, esta decomposição ocorre convertendo uma amostra sólida através de uma transformação química, tornando-a facilmente solúvel na solução em questão, geralmente oxidando os principais elementos organógenos da matriz da substância. A decomposição por via úmida usada como digestão das amostras, é extremamente viável, pois ao usar de temperaturas menores no processo reduz aos riscos de perdas por volatilização. Este processo consiste em decompor as substâncias organógenas da amostra em um ácido mineral, geralmente sendo usados ácidos como o ácido nítrico, sulfúrico ou perclórico e combinações destes com peróxido de hidrogênio (KRUG, 2008). Após a decomposição por ácido, as amostras irão ser

aquecidas, no caso em chapas de aquecimento cobertas por uma capela de exaustão, onde então só restarão os resíduos sólidos das amostras de bananas, estes que serão então analisados no Espectrofotômetro.

Para a digestão ácida, o mais comumente usado é o ácido nítrico, no caso da decomposição das amostras foi usada uma solução de ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, método proposto pelo Instituto Adolfo Lutz para digestão de amostras de alimentos tais como a banana. As amostras que haviam sido armazenadas congeladas, e que não haviam sofrido liofilização foram digeridas na solução de ácido nítrico 70% e peróxido de hidrogênio 30%, e em seguida passaram pelo processo de aquecimento em chapas de aquecimento tendo sua temperatura constantemente checada. Método que se mostrou muito eficiente, sendo que, no final do processo de aquecimento, as amostras não mostravam mais sinal de resíduos e coloração amarelada, caracterizadas pela digestão incompleta.

2.5.2. *Calcinação*

De acordo com MYIAKE (N/A), a maceração é o procedimento de extração das substâncias e princípios ativos contidos no produto analisado, geralmente realizado em um recipiente fechado, em temperatura ambiente, durante um período prolongado (horas ou dias), sob agitação ocasional e sem renovação do líquido extrator.

Calcinação é o processo de remoção da água, CO₂ e de outros gases ligados fortemente e quimicamente a uma substância, tipicamente hidratos e carbonatos. A calcinação é um processo vigorosamente endotérmico, é usada principalmente na produção de óxidos. A calcinação serve para eliminar gases, diminuir o volume da carga ou para evitar o consumo de um combustível caro, sendo então realizada à parte do processo principal. (HECK, Nestor Cezar.[1995?])

2.5.3. *Fotometria de Chama*

De acordo com o modelo atômico de Rutherford-Bohr, onde um núcleo composto por prótons e nêutrons é orbitado por elétrons, os quais apresentam um estado fundamental, no qual tendem a permanecer a menos que haja um estopim proveniente do externo, fazendo com

que os elétrons passem de uma orbital a outra, subindo um nível de energia. As orbitais são conhecidas como camadas eletrônicas e são representadas pelas letras K, L, M, N, O, P e Q ou numericamente de 1 a 7 (FONSECA,1993, p.32.)

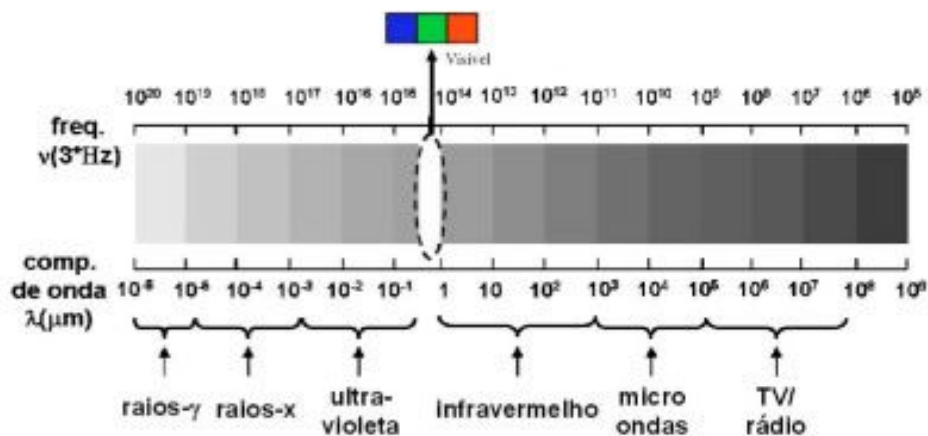
Fonseca (1993, p.33) menciona ainda, que um elétron ao receber energia sobe para o nível seguinte, saindo de seu estado fundamental, de modo a dizermos que o átomo se encontra excitado. No entanto, este, não permanecerá excitado, ele buscará o seu estado de menor energia, o estado fundamental, e caso não seja fornecida energia constantemente o elétron volta para seu orbital e libera a energia na forma de um fóton.

Os fótons são as partículas fundamentais formadoras das ondas eletromagnéticas, essas, oscilações do campo elétrico e campo magnético que, perpendiculares entre si seguem juntos na direção de propagação.

A partir das ondas eletromagnéticas é possível identificar um elemento a partir do comprimento de onda e frequência, essas características compõem o espectro do elemento, que emite uma luz de determinada cor, conforme suas características (LEITE e PRADO, 2012).

A visão humana é o resultado disso, o olho é adaptado para captar certa faixa de frequência e comprimento de onda (entre 400nm e 750nm), e então a informação é levada até o cérebro através de impulsos elétricos, onde é feita a interpretação que resulta na sensação visual das cores (SAMPAIO e CALÇADA, 2005). Na Figura 2 se observa o espectro eletromagnético.

Figura 2: Espectro Eletromagnético.

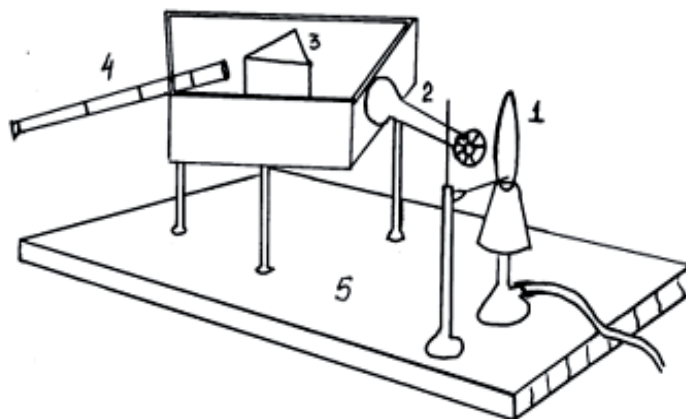


Fonte: MICHAL, Daniel Neves; PENELLO, Germano Maioli; KAWABATA, Rudy Massami Sakamoto; CAMAROTTI, Teo. “Vendo o invisível”. Experimentos de visualização do

infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. Desenvolvimento em Ensino de Física Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, 1501 (2011).

Em 1860, Bunsen e Kirchhoff demonstraram para um grupo de geólogos como identificar elementos como Ferro, Cobre, Chumbo, Sódio e Potássio em minérios, através da coloração da chama em um queimador especialmente designado e, atualmente, denominado bico de Bunsen. A amostra sólida era dissolvida em água e a solução resultante, introduzida em uma chama (Figura 3). Pode-se estimar as concentrações dos elementos pela comparação da intensidade das cores de soluções de concentrações conhecidas com a intensidade das soluções de amostra sólida de minérios (OKUMURA et al, 2004).

Figura 3: Esquema do espectrôscópio construído por Bunsen e Kirchhoff.



Fonte: OKUMURA, 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.

A partir daí surgiram duas vertentes voltadas para a análise qualitativa e quantitativa, enquanto a espectroscopia atômica seria também usada no desenvolvimento da teoria atômica. Foi apresentada uma linha cronológica para o desenvolvimento das técnicas baseadas na espectroscopia atômica em química analítica, durante o século XX (OKUMURA et al, 2004).

Os desenvolvimentos feitos a partir de algumas observações levaram a erros e acertos, podendo ser usados para demonstrar que o desenvolvimento científico se dá por etapas, que nem sempre as conclusões são verdades absolutas e que as teorias científicas são revistas e frequentemente aprimoradas (OKUMURA et al, 2004).

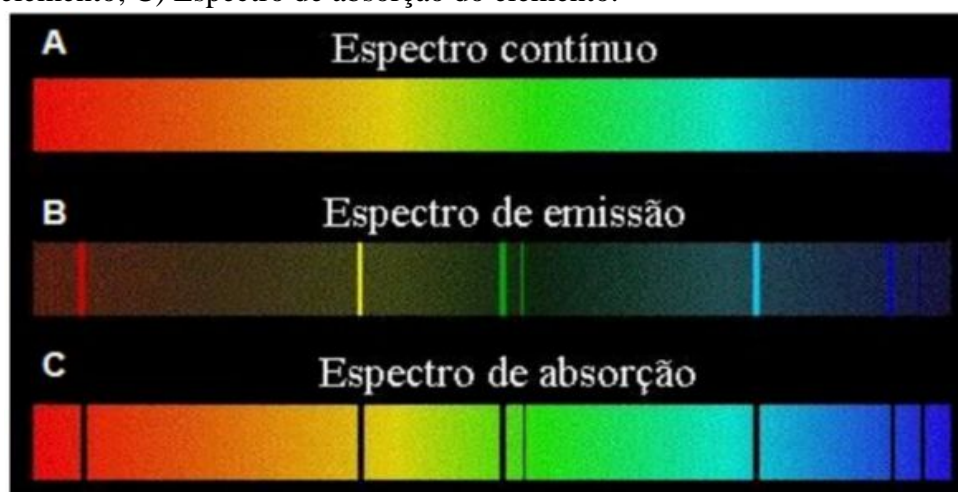
A determinação do espectro de cada elemento começou com a construção de um espectroscópio por Joseph Fraunhofer entre 1814 e 1824, esse instrumento possibilita a separação de radiações com distintos comprimentos de onda.

Em 1859, Robert Bunsen desenvolveu um queimador onde a intensidade de emissão dos elementos podia ser observada de forma mais eficaz. Bunsen trabalhou com Kirchhoff, físico que reconheceu as linhas negras do espectro sendo coincidentes das linhas de emissão de sais introduzidos em uma chama. Foi a partir desses estudos que Bunsen e Kirchhoff reconheceram que linhas espectrais resultantes de metais ocorrem em comprimentos de onda definidos (OKUMURA et al, 2004).

O espectro de absorção é obtido quando o espectro contínuo de luz atravessa uma substância. Neste caso, duas coisas podem acontecer em maior ou menor proporção: a luz pode atravessar a substância ou a luz pode ser absorvida pela substância. Os átomos e moléculas tendem a absorver radiações eletromagnéticas nas mesmas frequências em que as emitem, de modo que o espectro de absorção é equivalente ao espectro de emissão. Isso acontece porque na absorção ocorre a transição inversa daquela do espectro de emissão. (LEITE e PRADO, 2012).

Cada linha representada no espectro corresponde a um certo comprimento de onda. Cada elemento possui seu espectro único com características específicas. Na Figura 4 temos a visualização de um espectro contínuo (luz branca), espectro de emissão e absorção.

Figura 4: A) Espectro contínuo, produzido por uma fonte que emite luz em todos os comprimentos de onda da faixa a ser analisada, no caso o visível; B) Espectro de emissão do elemento; C) Espectro de absorção do elemento.



Fonte: 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).

Quando a proporção entre a intensidade e concentração é conhecida, pode-se determinar a concentração de um elemento em uma amostra. A Fotometria de Chama é uma das formas mais simples de análise espectrofotométrica, baseia-se na introdução de uma amostra, geralmente líquida em uma chama não luminosa, na qual ocorrem processos de evaporação, vaporização e atomização (ANALYSER, 2014).

A amostra é transformada em um aerossol líquido-gás para introdução na chama, onde os elétrons são excitados e ao retornar ao seu estado fundamental ocorre a emissão. Na fase gasosa os átomos são excitados pela própria chama e liberam sua energia na forma de radiação eletromagnética (luz) (OKUMURA et al, 2004).

A luz passa pelo Monocromador, sistema que isola a energia radiante de um comprimento de onda determinado, excluindo outros comprimentos de onda. Monocromadores podem ser filtros, prismas ou grades de difração. Os detectores transformam a energia radiante em energia elétrica, assim encerrando o processo com a leitura dos resultados, após a passagem das informações pelo circuito medidor do aparelho (BASQUES, 2010).

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada durante o segundo semestre do ano de 2015 e início de 2016 no município de Jaraguá do Sul, Santa Catarina, que possui uma área de 529,447 km², sendo 21 km² destinados apenas para colheita de Bananas(cacho), com produção agrícola municipal de 19.554 mil reais e rendimento médio de 24.333 kg do fruto por hectare no ano de 2014 (IBGE, 2016). Conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (1936), na localidade de Jaraguá do Sul o clima é Cfa (Clima Subtropical Úmido).

Inicialmente foram recolhidas bananas do Bairro Garibaldi, em Jaraguá do Sul - Santa Catarina, as quais são as bananas Prata e Nanicão, espécies estas escolhidas utilizando como fator instigador a disponibilidade, a comercialização e a recomendação da ASBANCO (Associação de Bananicultores de Corupá).

Tendo como objetivo a comparação entre o método por meio de Digestão Ácida e o método do Instituto Adolfo Lutz, para a quantificação de Sódio e Potássio nas duas espécies de banana citadas anteriormente, a análise foi realizada somente com a polpa da fruta, devido

o projeto estar focado no consumo *in natura* do fruto. De acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008), a análise em triplicata é indicada como repetição mínima para análise em alimentos.

O procedimento para execução da análise é dado inicialmente pela maceração da polpa das bananas, as quais estavam maturadas e mantidas congeladas até o momento da maceração.

3.1 Classificação das amostras

As amostras analisadas pelo grupo, nas condições citadas anteriormente (Item 4), junto das amostras do Relatório de Mestrado de Giovani Pakuszewski (2015), foram classificadas em “Grupo ii” e “Grupo io”, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Divisão e diferenciação das amostras por Fotômetro de Chama e por ICP-OES

Grupo io*	Grupo ii**
Banana Nanicão Calcinação	Banana “I” - Itajaí
Banana Nanicão Digestão Ácida	Banana “Lio” - Corupá
Banana Prata Calcinação	Banana “L” - Luiz Alvez
Banana Prata Digestão Ácida	

* Amostras preparadas pelo grupo.

**Amostras referentes ao Relatório de Mestrado de Giovani Pakuszewski (2015).

As bananas Prata e Nanicão (Grupo io), após a maceração, foram pesadas onde cada amostra continha em torno de 3,00 gramas de banana. As bananas foram então divididas em dois grupos, onde as amostras referentes à banana Nanicão foram representadas por A,B,C e as amostras referentes à banana Prata foram representadas por 1,2,3, conforme a Tabela 2.

Tabela 4– Massa úmida das Amostras Grupo io

Bananas	Resultado por amostra	Massa das amostras calcinadas (gramas)	Massa das amostras por digestão ácida (gramas)
Banana Nanicão	Amostra A	3,03	3,04
	Amostra B	3,03	2,99
	Amostra C	2,99	3,04
Banana Prata	Amostra 1	3,05	3,05
	Amostra 2	3,00	3,01
	Amostra 3	3,04	3,03

Foram feitas no total 12 amostras, onde 6 amostras foram digeridas por meio de Digestão Ácida e 6 amostras calcinadas conforme o método de Adolfo-Lutz e, destas

amostras, 6 eram referentes à banana Prata e as demais 6 amostras restantes, à banana Nanicão (Grupo io).

3.2 Digestão das amostras

3.2.1. Método por Calcinação (Adolfo Lutz) (Grupo io)

As amostras do Grupo io foram colocadas em 6 cadinhos de porcelana, onde 3 destes cadinhos continham amostras da banana Nanicão (A,B,C) e os demais continham amostras da banana Prata (1,2,3). De acordo com Heck [1995?], a calcinação consiste de um processo endotérmico de remoção de água, gás carbônico e outros gases ligados fortemente, seja de forma física ou química. Ocorre tipicamente em carbonatos e hidratos, sendo utilizada para produzir óxidos e reduzir o volume da carga, podendo ocorrer em fornos reatores tipo *cuba* e outros.

Colocadas na Mufla (Figura 5), à temperatura de 723,15 K, durante 3 horas, as amostras foram calcinadas e após fora-se adicionado água Milli-Q (Millipore) e 1,00 mL de ácido nítrico concentrado 68% (PA), deixando-as na capela em repouso.

Figura 5: Cadinhos de porcelana com as amostras de banana no interior do forno Mufla

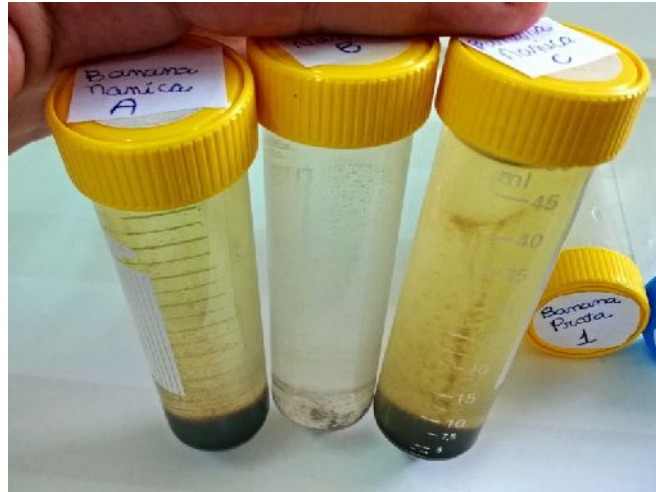


Fonte: Foto tirada pelo grupo.

As amostras, ainda dentro da capela, foram colocadas na chapa de aquecimento até que toda a parte úmida fosse totalmente ressecada. O resíduo carbonizado que restou nos

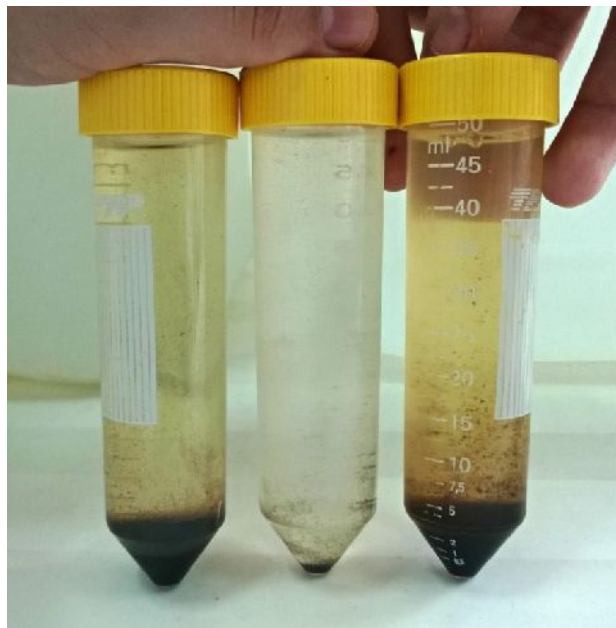
cadinhos, o qual estava completamente seco, teve adição de 5,00 mL de peróxido de hidrogênio 30% m/m (PA), onde as amostras então foram repassadas dos cadinhos para os tubos Falcon e preenchidas com água deionizada até que o volume de 50,00 mL do tubo, como observado na Figura 6 e na Figura 7.

Figura 6: Tubos de Falcon de 50,00 mL com as amostras do Grupo io calcinadas em solução



Fonte: Foto tirada pelo grupo.

Figura 7: Tubos de Falcon de 50,00 mL com as amostras do Grupo io calcinadas em solução



Fonte: Foto tirada pelo grupo.

Nóbrega (2012) descreve dois parâmetros críticos para decompor completamente a matéria orgânica: a concentração do ácido nítrico e a temperatura. Sendo elevada a

concentração do ácido nítrico e se a temperatura não for suficientemente alta, a solução resultante apresentará coloração amarela, principal indício de que a digestão não foi completa, caso que pôde ser observado em nossa prática, apresentado na Figura 6 e na Figura 7. Após a digestão, a acidez residual, quando as amostras são digeridas em temperatura mais elevadas, tende a diminuir justamente devido ao consumo de ácido nítrico nos processos oxidativos e ainda, devido sua decomposição sob aquecimento (NÓBREGA, 2012).

3.2.2. Método por meio de Digestão Ácida (Grupo io)

As amostras do Grupo io foram colocadas em 6 béqueres de vidro, onde 3 destes continham amostras da banana Nanicão (A,B,C) e os demais continham amostras da banana Prata (1,2,3). Foram adicionados 10,00 mL de ácido nítrico concentrado 68% (PA), em cada amostra, as quais foram deixadas em repouso na capela, conforme a Figura 8.

Figura 8: Béqueres com as amostras das duas espécies de bananas no interior da capela, digerindo em ácido nítrico concentrado 68% (PA)



Fonte: Foto tirada pelo grupo.

Depois de repousadas por cerca de 72 horas, fora-se adicionado 5,00 mL de peróxido de hidrogênio 30% m/m (PA). Na capela, as amostras foram colocadas em chapa de

aquecimento para que, através da temperatura, toda a matéria líquida fosse volatilizada, inclusive o ácido nítrico, o qual apresentou forma gasosa característica, fortemente amarelada.

Com apenas a matéria seca nos béqueres, foi-se adicionado mais 5,00 mL de peróxido de hidrogênio 30% m/m (PA), onde as amostras foram repassadas dos béqueres para os tubos Falcon, preenchidas com água deionizada até o volume de 14,00 mL do tubo. Diferentemente da solução resultante apresentada na digestão pelo método de Adolfo-Lutz, as soluções provenientes da digestão por meio ácido apresentaram-se completamente límpidas, o que indica, conforme Nóbrega (2012), que a digestão foi completa.

3.2.3. Amostras ICP-OES (Grupo ii)

Junto dessa pesquisa, com a colaboração de nosso orientador, Giovani Pakuszewski, o qual elaborou um projeto de relatório de mestrado onde se propõe estudar as espécies químicas inorgânicas presentes na banana Nanicão cultivada no município de Corupá (SC). Tivemos a oportunidade de adicionar uma comparação de valores obtidos entre o Fotômetro de Chama 910MS (ANALYSER) e o ICP-OES (Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma), este apresentado na Figura 9.

Figura 9: Espectrômetro da Thermo Scientific (ICP OES Icap 6000 series) utilizado na determinação dos elementos em estudo.



Fonte: PAKUSZEWSKI, Giovani. 2015.

O Relatório de Mestrado busca caracterizar a composição nutricional inorgânica da matriz de estudo, banana cv. “Nanicão” (*Musa acuminata*, grupo AAA, subgrupo Cavendish), subespécie mais cultivada no município de Corupá, próximo à Jaraguá do Sul - Santa

Catarina, através da determinação dos teores dos principais macros e microminerais presentes nessas amostras de banana, dentre estes, o Sódio e o Potássio.

Como constatado e aqui citamos o trabalho do mestrando, a pesquisa foi realizada durante o ano de 2015 no município de Corupá, Santa Catarina, que possui uma área de 477 km², sendo 389,3 km² da zona rural e 78,70 km² da zona urbana (IBGE, 2006). O clima, Segundo Köppen (1900), é subtropical úmido com verão quente, com temperatura média de 18-22°C, sendo que a máxima atinge os 40°C. O volume de chuvas no município varia de 1400 a 1500 mm anuais, com 160 dias de chuva (NEGREIROS, 2013).

Foram coletadas amostras de cultivares localizados em outras regiões: São Paulo, Luis Alves (SC) e Itajaí (SC), permitindo a realização das análises em seis replicatas, conforme descrito no Relatório de Mestrado. As amostras foram classificadas em “L” para a banana Nanicão proveniente do cultivar Luiz Alves; classificada em “I” para as banana Nanicão proveniente de Itajaí; e classificada em “Lio” amostras as quais eram de banana Prata, provenientes do município de Corupá, sendo essas amostras pelas quais passaram pelo processo de liofilização.

Conforme Marques (2008), liofilização é um processo no qual uma substância é congelada e sua quantidade de solvente, tipicamente água, é reduzida por meio de sublimação e dessorção, onde seus valores tornam-se ínfimos, impedindo reações químicas e atividades biológicas, passando por inicialmente congelamento, secagem primária e secundária.

De acordo com Pakuszewski (2015), os frutos coletados para a análise em questão foram retirados da segunda penca dos cachos colhidos aleatoriamente nas áreas citadas anteriormente. As pencas destacadas dos cachos foram encaminhadas à climatização onde o processo de maturação foi acelerado. Após o procedimento os frutos foram encaminhados ao laboratório, onde foram armazenados até o processo de determinação dos teores percentual de água nas amostras, método descrito no manual de análises de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (LUTZ, 2008).

Pesou-se cerca de 3,00 g das amostras (N=3), as quais foram levadas à estufa a 378,15K por 1h30min. Em seguida as amostras foram deixadas no dessecador para que esfriassem e posteriormente fossem pesadas. O processo se repete, diminuindo-se o tempo na estufa, de maneira que fosse reduzida no máximo os percentuais mássicos médios da amostra.

Tabela 5 – Massa seca (g) das Amostras Grupo “ii”

Luiz Alves - Banana "L"		Corupá - Banana "Lio"		Itajaí - Banana "I"	
L1A	0,28	Lio 1	0,26	I1A	0,27
L1B	0,31	Lio 2	0,24	I1B	0,27
L2A	0,38	Lio 3	0,26	I2A	0,34
L2B	0,30	Lio 4	0,27	I2B	0,23
L3A	0,31	Lio 5	0,25	I3A	0,24
L3B	0,28	Lio 6	0,24	I3B	0,25
L4A	0,27	Lio 7	0,25	I4A	0,30
L4B	0,24	-	-	I4B	0,24

Fonte: PAKUSZEWSKI, Giovani. 2015.

Conforme o mestrando Pakuszewski, após processadas as amostras foram congeladas a temperatura inferior a 0°C e logo foram digeridas, onde as amostras liofilizadas também sofreram este processo. Foram pesadas cerca de 0,5000 g de cada amostra diretamente nos frascos digestores de teflon, onde foi adicionado 2,00 mL de ácido nítrico concentrado (PA), 2,00 mL de peróxido de hidrogênio 30% m/m (PA) e 4,00 mL de água ultrapura (mili-Q).

3.3 Análise por Fotometria de Chama

Na finalização dos processos de digestão a partir do método Adolfo-Lutz e o método por meio da Digestão Ácida (Grupo io), e a finalização do método realizado por Pakuszewski (2015) (amostras do Grupo ii), as amostras, já repassadas para os tubos de Falcon e ainda divididas nos grupos citados anteriormente, onde no Grupo io as bananas Nanicão são representadas por A,B,C e as bananas Prata representadas por 1,2,3, totalizaram 12 tubos de Falcon, sendo 6 de cada espécie de banana e destas, 3 calcinadas e 3 digeridas por meio ácido.

O Fotômetro de Chama 910MS (ANALYSER) (Figura 10), foi devidamente calibrado usando-se a amostra padrão disponível no laboratório. Após, foi analisado o Branco, o qual foi preparado em 19 de Novembro de 2015 e continha 2 ppm de Sódio (Na⁺) e 0 ppm de Potássio (K⁺), valores os quais foram descontados nas amostras analisadas seguidamente.

Figura 10: Fotômetro de Chama 910MS (ANALYSER)



Fonte: Albiz. Fotômetros de Chama Analyser 910MS. [?]. Disponível em: <<http://sao-paulo-sp.all.biz/fotmetros-de-chama-analyser-910m-g84474#.VtTBx30rJkg>>. Acesso: 03 fev. 2016.

No Grupo io, com exceção das amostras 2 e 3 da banana Prata calcinada, todas as amostras foram diluídas em 5 ou 10 vezes em água deionizada, utilizando-se balão volumétrico de volume correspondente, como mostrado na Figura 11 e na Figura 12.

Figura 11: Balões volumétricos de 50,00 mL com amostras de banana Prata diluídas com água deionizada e ao lado dos mesmo, tubos Falcon de 14,00 mL com amostras da mesma espécie banana.



Fonte: Foto tirada pelo grupo.

Figura 12. Balões volumétricos de 50,00 mL com amostras de banana Nanicão diluídas com água deionizada e ao lado dos mesmos, tubos Falcon de 14,00 mL com amostras da mesma espécie banana.



Fonte: Foto tirada pelo grupo.

No Grupo io, foram coletados cerca de 5 ml de cada balão volumétrico e transferidos para 12 béqueres, os quais foram utilizados para fazer as análises no Fotômetro de Chama. Após a coleta dos dados, o restante das soluções foram descartadas em local apropriado.

Com as amostras do Grupo ii, foi-se utilizado o mesmo método para análise no Fotômetro de Chama, com diferenciação de que estas não precisaram ser diluídas.

Alguns resultados para ambos os Grupos: io e ii, da quantificação de Na^+ e K^+ nas bananas a partir de análise em Fotômetro de Chama 910MS (ANALYSER) foram vistos sob mau olhar, devido sua grande variação entre as repetições e assim foi tomada a decisão de interpretá-los a partir de um teste estatístico para detecções de valores anômalos, nesse caso, o Teste Q.

O teste de Dixon (teste Q) consiste na diferença absoluta entre um valor anômalo suspeito e o valor mais próximo no restante dos conjunto de dados, diferença a qual é comparada ao intervalo total de valores no conjunto (HAGE & CARR, 2012). Para execução desse teste é realizado o cálculo da razão (Q), que é feito a partir da equação 1.

$$Q = \frac{|x_0 - x_n|}{x_{\text{alto}} - x_{\text{baixo}}} \quad (1)$$

Em seguida, o teste dispõe da comparação entre Q obtido e um Q_c (valor de teste crítico), sendo este um valor que varia de acordo o número de repetições realizadas nas análises e também do nível de confiança¹ desejado. Para essa análise optamos por um nível de confiança de 95%, o qual funciona bem para a finalidade, devido a probabilidade de um erro, em termos percentuais, ser relativamente menor. Isso ocorre porque a probabilidade de um erro é igual a 100 menos o nível de confiança percentual selecionado para um teste estatístico, o que nesse caso, se subtrairmos 95% de 100%, nos restam 5 % de chances de que ocorram erros aleatórios, diferentemente do que ocorreria se o nível de confiança fosse de 90%, o que resultaria numa margem de 10% de chances de possíveis erros aleatórios (HAGE & CARR, 2012).

Na tabela 6 encontram-se os valores resultantes do cálculo para o referido teste, cada conjunto de amostras teve ao menos um valor suspeito como anômalo e assim verificado pelo teste, os comprovados como tal se encontram destacados na tabela, sinalizando assim, o indicativo de invalidade. Valores e gráficos citados posteriormente nos Resultados e Discussões já serão apresentados com a exclusão dos valores anômalos.

Tabela 6 - Comparativo do Q obtido com o Q_c (crítico)

Teste Q - Amostras Grupo io		
N=3	Nível de Confiança= 95%	$Q_c=0,970$
Amostras	Q (Na)	Q (K)
Banana Nanicão Calcinação	*1	0,96
Banana Nanicão Digestão Ácida	*1	0,59
Banana Prata Calcinação	*1	0,71
Banana Prata Digestão Ácida	*0,99	0,51

Teste Q - Amostras Grupo ii		
N=8	Nível de Confiança= 95%	$Q_c=0,526$
Amostras	Q (Na)	Q (K)
Luiz Alves - Banana "L"	-	0,41
Itajaí - Banana "I"	-	*0,82

N=7	Nível de Confiança= 95%	$Q_c=0,568$
Amostras	Q (Na)	Q (K)
Corupá - Banana "Lio"	-	*0,78

* Valores descartados, classificados como anômalos. Fonte: Elaborado pelo grupo.

¹ Grau de certeza que se almeja sobre os resultados, visando minimizar o percentual de erro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Anteriormente à análise das amostras das bananas, foi utilizada uma solução “Branco”, a qual continha o ácido e demais componentes presentes nas amostras, a fim de identificar se na mesma havia Sódio e Potássio, os quais acarretariam erros nos valores dos minerais nas bananas. Foi constatado que, o Branco, cujo preparo se deu em 19 nov. 2015, tinha em sua composição 2 ppm do íon Na^+ e 0 ppm do íon K^+ . Esses resultados dos íons foram descontados nas demais amostras que se seguem, amostras as quais estão descritas separadamente pelo método e pela espécie de banana em questão.

Como descrito na metodologia, vale ainda enfatizar a aplicação do Teste Q nos resultados, a fim de diminuir o percentual de erro nas análises, tanto erros sistemáticos, quanto aleatórios.

4.1. Resultados (Grupo io)

A tabela 7 apresenta os valores obtidos pelo Fotômetro de Chama para os minerais sódio e Potássio, correspondentes em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Nela também estão representados os valores descartados via testes estatísticos Q, onde, como a tabela apresenta, entre os valores não descartados, há extrema variação de concentração de sódio a cada 100g de parte comestível entre as amostras calcinadas e amostras digeridas por meio ácido.

Tabela 7– Valores obtidos pelo Fotômetro de Chama para Na^+ e K^+ ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) por amostra

Bananas	Resultado por amostra	Amostras calcinadas ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)		Amostras por digestão ácida ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	
		Na^+	K^+	Na^+	K^+
Banana Nanicão	Amostra A	*16,5	264,03	11,51	437,50
	Amostra B	Tr	412,54	*11,71	339,46
	Amostra C	Tr	418,06	11,51	379,93
Banana Prata	Amostra 1	*4,92	245,90	*20,66	238,69
	Amostra 2	Tr	58,33	11,63	313,95
	Amostra 3	Tr	111,84	11,55	277,23

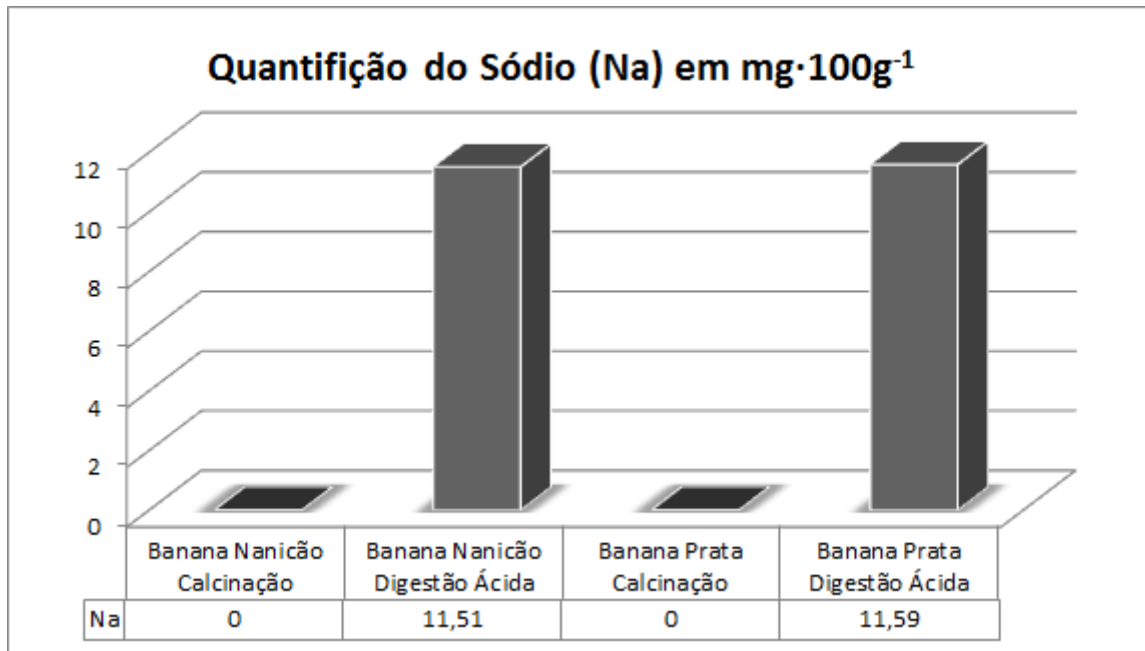
Fonte: Elaborado pelo grupo.

* Valores excluídos por Teste Q

Como pode-se perceber ao observar a figura 13, há uma grande diferença entre os métodos Adolfo Lutz e o método por meio de digestão ácida, mesmo considerando que o sódio seja escasso na banana em relação ao Potássio, a comparação metodológica mostra

claramente a diferença entre os dois, tendo-se uma quantidade de aproximadamente $11,5 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de sódio em ambos os tipos de bananas pelo método de digestão ácida, e uma quantidade nula de sódio no método de calcinação (Adolfo Lutz).

Figura 13: Gráfico dos níveis de Sódio (Na) em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ apresentados na análise em Fotômetro de Chama

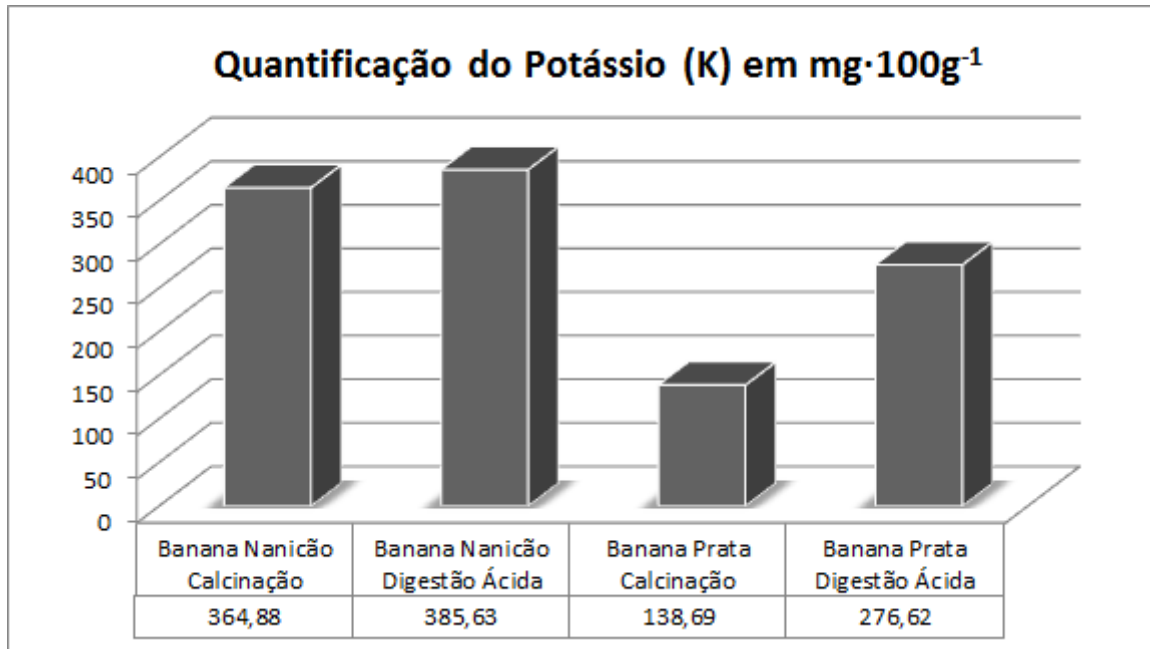


Fonte: Elaborado pelo grupo.

A diferença relatada no gráfico, referente aos resultados heterogêneos das amostras de digestão ácida e calcinadas, pode ser oriunda da acumulação do resíduo inorgânico originado da calcinação das amostras, do qual reteve parte da pouca quantidade de sódio presente na solução, que fez o fotômetro de chama acusar um número nulo do valor do macromineral.

Na Figura 14 são representados os valores de Potássio (K), conforme obtidos pelas análises realizadas.

Figura 14: Gráfico dos níveis de Potássio (K) em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ apresentados na análise em Fotômetro de Chama



Fonte: Elaborado pelo grupo.

Como citado anteriormente, as bananas possuem grande quantidade de Potássio em sua composição, como é visto na figura 2, que nos mostra quantidades de $385,6 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, na banana Nanicão, se utilizando do método de digestão ácida, até quantidades de $138,6 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, na banana Prata pelo método Adolfo Lutz. Observando os resultados, concluímos que a banana Nanicão possui maior quantidade de Potássio presente nela do que a banana Prata em ambos os métodos utilizados.

Um valor à que recorreremos como ponto de discussão foi o desvio padrão, o qual se define como um meio consistente de descrever a variação em um grupo de resultados. Esse desvio é calculado por meio da Equação 2.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (2)$$

Foram calculados a média e o desvio padrão dos resultados obtidos via experimental, os quais se encontram na Tabela 8.

Tabela 8 – Média e Desvio Padrão das Bananas Nanicão e Prata

Amostragem	Elemento	Média	Desvio Padrão
Banana Nanicão Calcinada	Na	0	0
	K	364,88	87,38
Banana Nanicão Digestão Ácida	Na	11,51	0,00
	K	385,63	49,27
Banana Prata Calcinada	Na	0	0
	K	138,69	96,62
Banana Prata Digestão Ácida	Na	11,59	0,05
	K	276,62	37,64

Fonte: Elaborado pelo grupo.

Quanto maior for o desvio padrão, maior é a variância entre os resultados. Como apresentado na Tabela 8, as amostras calcinadas tanto de bananas Prata quanto de banana Nanicão foram as que apresentaram maior Desvio padrão, o que indica que tais amostras não possuem boa repetibilidade em relação às bananas digeridas por meio ácido. Esse fator foi importante para a pesquisa já que, após esta comprovação, tais resultados alimentaram incertezas a respeito do método por calcinação.

4.2. Resultados (Grupo ii)

Como descrito anteriormente, para fim de comparações posteriores, as seguintes leituras foram realizadas a partir de amostras já previamente quantificadas por via ICP-OES. E conforme a Tabela 9 seguem os resultados obtidos em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$

Tabela 9 – Valores obtidos pelo Fotômetro de Chama para Na^+ e K^+ ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) por amostra

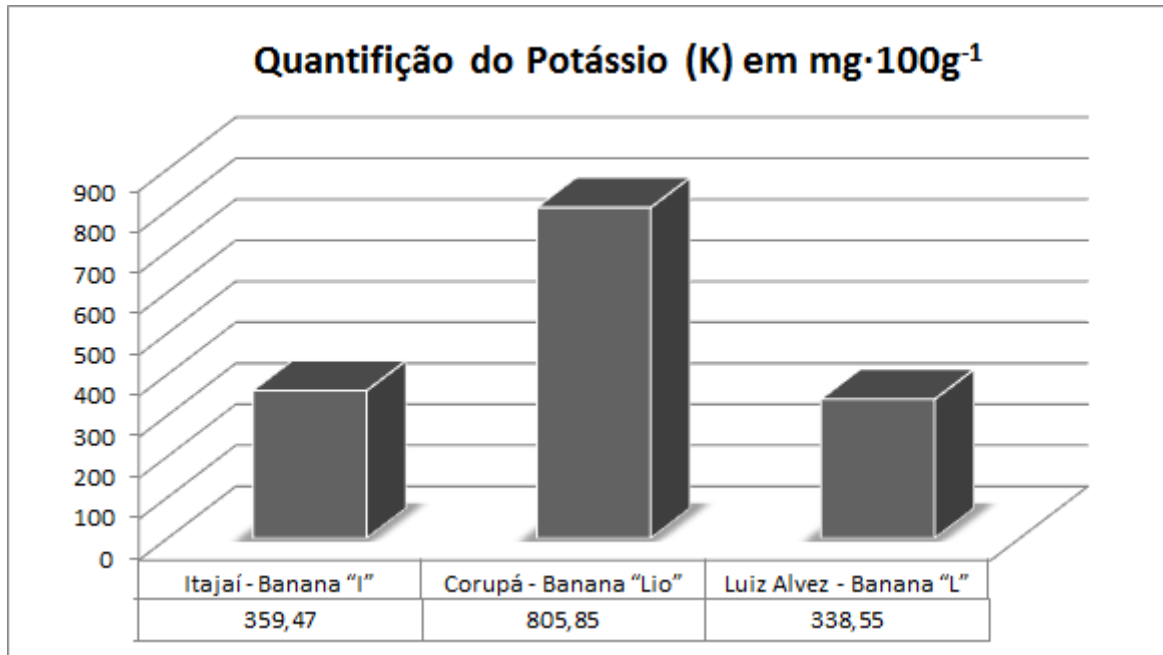
Luiz Alves - Banana "L"			Corupá - Banana "Lio"			Itajaí - Banana "I"		
Amostra	Na^+	K^+	Amostra	Na^+	K^+	Amostra	Na^+	K^+
L1A	Tr	341,6	Lio 1	Tr	*852,27	I1A	Tr	373
L1B	Tr	334,29	Lio 2	Tr	805,45	I1B	Tr	366,7
L2A	Tr	358	Lio 3	Tr	807,69	I2A	Tr	378,57
L2B	Tr	363,64	Lio 4	Tr	811,81	I2B	Tr	362,47
L3A	Tr	321,34	Lio 5	Tr	806,45	I3A	Tr	355,35
L3B	Tr	352,73	Lio 6	Tr	800,16	I3B	Tr	353,36
L4A	Tr	298,28	Lio 7	Tr	803,54	I4A	Tr	333,89
L4B	Tr	*Tr	-	-	-	I4B	Tr	352,4

Fonte: Elaborado pelo grupo.

Os dados proporcionados pelo orientador da pesquisa, Giovani Pakuszewski, foram a base para a relação dos resultados obtidos pelos integrantes do grupo com os resultados

obtidos na literatura. Como é possível observar na figura 15, temos as quantidades de Potássio em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ na pesquisa de Itajaí, na pesquisa do Luiz Alvez, e no processo de liofilização de bananas em Corupá.

Figura 15: Gráfico dos níveis de Potássio (K) em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ apresentados na análise em Fotômetro de Chama



Fonte: Elaborado pelo grupo.

Relacionando os dados do orientador com os dados obtidos pelo grupo, notamos que os dados obtidos são coniventes com os dados do orientador, com uma média aproximada de $349 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ nas pesquisas da banana "I" e da banana "L", porém relacionando à banana "Lio", há uma diferença de 65,45%, uma diferença considerável que pode ser respondida pelo fato das bananas "Lio serem provenientes de bananas liofilizadas. Conforme Marques (2008), liofilização é um processo no qual uma substância é congelada e sua quantidade de solvente, tipicamente água, é reduzida por meio de sublimação e dessorção, onde seus valores tornam-se ínfimos, impedindo reações químicas e atividades biológicas, passando por inicialmente congelamento, secagem primária e secundária.

A inserção de um gráfico que apresente os valores de Na^+ referentes às amostras do Grupo "ii" não foi realizada devido os valores resultantes da amostras em questão se apresentarem concentrações muito baixas, não podendo ser representados graficamente.

5.3. Fotometria de Chama e Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (Grupo ii)

Em razão das amostras de Luiz Alves, Corupá e Itajaí analisadas pelo Fotômetro de Chama 910M (ANALYSER), tivemos a oportunidade de comparar tais resultados, referentes às mesmas amostras, com a leitura de Na⁺ e K⁺ pelo Espectrômetro da Thermo Scientific (ICP OES Icap 6000 series), este por sua vez aparelho mais avançado, e que assim, dá a entender que partilha dos mais confiáveis e precisos resultados.

Para essa análise em especial, não utilizamos da interpretação do Teste Q, visto que desejamos obter uma comparação sem cortes entre os dois aparelhos. Na Tabela 10 são retratados os valores da Média (mg.100g⁻¹) e Desvio Padrão na quantificação por ambos os aparelhos.

Tabela 10 – Média e Desvio Padrão da Banana Nanicão por Fotômetro de Chama e ICP-OES

Amostragem	Elemento	Fotômetro 910M		ICP-OES	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Luiz Alves - Banana "L"	Na	Tr	0	6,75	1,46
	K	296,23	121,56	1525,51	116,68
Corupá - Banana "Lio"	Na	Tr	0	10,96	8,97
	K	812,48	17,91	1876,98	88,27
Itajaí - Banana "I"	Na	Tr	0	9,189	2,499
	K	359,47	13,98	1449,93	40,42

Fonte: Elaborado pelo grupo.

Algo cujo comentário é imprescindível, é a variação considerável do valor das médias de um aparelho para outro. Enquanto pelo Fotômetro de Chama não foi feita nenhuma leitura de Sódio nas amostras, no outro aparelho, apesar de que em pequenas proporções, o Sódio é quantificado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da elaboração deste trabalho pode-se concluir que o método de Digestão Ácida é, em termos de facilidade e bons resultados, melhor método comparado ao que seria utilizado na metodologia proposta na elaboração do projeto, bem como para alcançar o objetivo do projeto, quantificar Sódio e Potássio presentes na banana.

Quanto aos resultados, pode-se dizer que as principais conclusões obtidas pelo grupo, são que, devido as amostragens calcinadas apresentarem material precipitado, certa quantidade dos macrominerais quantificados se apresentava na parte sólida, assim refletindo na disparidade de uma amostra para com outra. A escolha de se utilizar do método de Digestão Ácida refletiu de forma positiva na aquisição de resultados mais homogêneos entre as replicatas, essencialmente no que diz respeito à quantidade de macrominerais presentes nos frutos da bananeira.

A primeira hipótese formulada no projeto de pesquisa dizia à respeito da banana Nanica, sugerindo que a mesma possuía uma diferenciação dos níveis de Sódio e Potássio em contra partida das bananas Maçã e Prata. Mas, como durante a execução optamos em alterar a mesma para a banana Nanicão em função da comparação do Fotômetro de Chama com o método ICP-OES, adequamos a hipótese para: A bananas Nanicão apresenta uma diferenciação nos níveis de Sódio e Potássio em comparação com a banana Prata.

Tal hipótese foi parcialmente refutada, pois segundo os resultados as duas espécies de banana possuem aproximadamente mesmo nível de sódio, ou seja, traços não consideráveis para a comparação em questão. No que diz respeito ao Potássio, foi constatado que a banana Nanicão possui considerável teor superior à banana Prata, isso sendo refletido pelos dois métodos de digestão.

No que diz respeito à adaptação das demais hipóteses para nossos atuais objetivos, as mesmas se apresentam conforme o seguinte:

- A banana Nanicão é a fruta que tem maior potencial de regulação de sódio no organismo humano por possuir maior quantidade de Potássio em relação ao sódio do que a banana Prata.

Hipótese a qual foi comprovada com a pesquisa devido a banana Nanicão apresentar teor de Potássio superior ao da banana Prata, o que se mostra considerável perante a ideia de seu

potencial de regulação de sódio no organismo humano, uma vez que este mecanismo utiliza como principal ativo, o Potássio.

- As bananas analisadas, em geral, apresentaram quantidades mais elevadas de Potássio em relação à Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos - TACO.

Se referindo à tabela TACO onde a banana Prata possui valor determinado como 358 mg.100g⁻¹ (Tabela 11), as amostras apresentaram geralmente um valor semelhante ao da Tabela. Porém, se tratando da banana Nanicão, esta, não estando com seus valores apresentados na tabela TACO, pôde ser comparada com os valores apresentados por Moreira, 1987 (Tabela 11) onde as amostras da banana Nanicão apresentaram cerca de 50% do Potássio descrito por Moreira.

Tabela 11 - Sódio e Potássio nas Bananas Nanicão e Prata

Bananas	Quantidade (mg·100g ⁻¹)	
	Na ⁺	K ⁺
Banana Nanicão	1	881
Banana Prata	Tr*	358

***Abreviações:** Tr: traço. Adotou-se traço nas seguintes situações: valores de nutrientes arredondados para números que caíam entre 0 e 0,5 e valores abaixo dos limites de quantificação.

Fonte: Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos – TACO (2011) e Moreira (1987).

Por fim, torna-se evidente a importância de estudos acerca da influência dos processos de quantificação de macrominerais, pois a variação de métodos utilizados pode comprometer, nesse sentido, uma pesquisa do tipo quantitativa. Sendo assim, faz-se necessário repensar em possíveis formas de melhorar a maneira utilizada em cada método para que assim ambas possam oferecer resultados promissões nas pesquisas que seriam realizadas futuramente no tema de quantificação de macrominerais em frutas.

REFERÊNCIAS

- Association of the British Pharmaceutical Industry (ABPI). **Diffusion, osmosis and active transport**. 2012; Disponível em:
<http://www.abpischools.org.uk/page/modules/homeostasis_kidneys/kidneys3.cfm?coSiteNavigation_allTopic=1> Acesso em: 11 fev. 2016
- 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 19 maio 2015.
- CAPPUCCIO, F.P. Dietary changes and their effect on blood pressure: what lesson should we learn? **Journal of Human Hypertension**. 1997, vol.11, p. 765-766.
- CEPA, Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. 2012. Disponível em:
<http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2012/sintese%202012.pdf> Acesso em: 25 abr. 2015.
- DANTAS, Jorge Luiz Loyola; SOARES FILHO, Walter dos Santos. **Banana: Classificação Botânica, Origem e Evolução**. Frutas do Brasil. [?]. Disponível em:
<http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_2317.pdf> Acesso em: 05 jun. 2015.
- DIPARDO, Robert. **Healthy Eating: The Definition of Macrominerals**. Disponível em:
<<http://healthyeating.sfgate.com/definition-macrominerals-8848.html>> Acesso em: 09 fev. 2016.
- EMBRAPA. **Sistema de Produção da Bananeira Irrigada**. 2009. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananeiraIrrigada/>> Acesso em: 15 abr. 2015.
- EPAGRI. Banana – **Preços da caturra estáveis e os da prata firmes**. 2013. Disponível em:
<http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=6160> Acesso em: 13 abr. 2015.
- FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química Integral, 2º Grau: volume único**. São Paulo: FDT, 1993. 623 p.

FONTES, Patrícia Soares Furno. **Adubação Nitrogenada e Avaliação de Cultivares de Banana (*Musa spp.*) no Nordeste do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campo dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2001.

GONÇALVES, J. C. **Tabela Atômica Interdisciplinar: A Atualização da Antiga Tabela Periódica**. 37ª Edição. Curitiba: Editora Atômica, 2013. 55 p.

GUEDES, Candice Ramos. **Sódio**. 2008. Disponível em:
<<http://www.alimentacaosaudavel.org/Sodio.html>> Acesso em 22 abr. 2015.

HAGE, David S.; CARR, James D. **Química Analítica e Análise Quantitativa**. 1 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2012. p. 66-78.

HECK, Nestor Cezar. **Calcinação**. Metalurgia Extrativa dos Metais Não-Ferrosos. [1995?]. Disponível em: <<http://www.ct.ufrgs.br/ntcm/graduacao/ENG06632/Calcinacao.pdf>> Acesso em 02 nov. 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. 2013. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=420890>> Acesso em: 25 nov. 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. 2006. Disponível em:
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=420450&idtema=40&search=santa-catarina%7Ccorupa%7Cproducao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2006>> Acesso em: 13 jul. 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Versão eletrônica.

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).

LIMA, Antonio Gilson Barbosa de; NEBRA, Silvia Azucena; QUERIOZ, Marlene Rita de. Aspectos científicos e tecnológico da banana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.1, p.87-101, 2000.

MACIEL, Letícia. **Efeitos do sódio no corpo**. Disponível em: <<http://revistavivasaude.uol.com.br/clinica-geral/efeitos-do-excesso-de-sodio-no-corpo/127/>> Acesso em: 19 abr. 2015.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2008.

MARQUES, Miguel. **Tabela Periódica: Sódio**. 1999. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e01100.html>> Acesso em: 24 abr. 2015.

MOLINA, M. C. B. et al. **Hipertensão arterial e consumo de sal em população urbana**. **Rev. Saúde Pública**. 2003; 37(6): 743-750 p. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v37n6/18017>> Acesso em: 03 jun. 2015.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

NEGREIROS, R. J. Z. et al. **Banana: Recomendações técnicas para o cultivo em Santa Catarina**. Epagri, [?]. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=1349>. Acesso em: 7 maio 2015.

J.A.Nóbrega, G.L. Donati, in: R.A.Meyers(Ed.). **Encyclopedia of Analytical Chemistry**. John Wiley,Chichester,2011.

KRUG, Francisco José. **Métodos de preparo de amostras: fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar**. Piracicaba, 2008. 340 p.

KÖPPEN. **Classificação climática de Köppen-Geiger**. 1936. Disponível em: <https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica___o_Clim__tica_Koppen.pdf> Acesso em: 15 jan. 2015.

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.

PAKUSZEWSKI, Giovani. **Estudo das espécies químicas inorgânicas presentes na banana sv. Nanicão cultivada no município de Corupá (SC) e possíveis correlações entre as suas características e o teor dos minerais**. Relatório de Mestrado em Química. 2015.

PESSÔA, Júlia. **Excesso de Sódio Causa Problemas Cardiovasculares**. Jornal Tribuna de Minas. Minas, 9 maio 2011. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/hu/2011/05/09/09-de-maio-de-2011/>> Acesso em: 23 abr. 2015.

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 jun. 2015.

RODRIGUES, Sônia Micaela. Alimentação Saudável. **O Potássio e a Saúde**. 2008. Disponível em: <<http://www.alimentacaosaudavel.org/Potassio.html>> Acesso em: 19 abr. 2015.

ROPPA, Luciano. Associação Goiana de Suinocultores – AGS/2015. Disponível em: <<http://www.ags.com.br/Carne-Su%C3%ADna>> Acesso em: 03 jun. 2015

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA; Caio Sérgio. **Física: volume único**. Coleção ensino Atual. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005. 472 p.

SILVA NETO, Sebastião Pedro da; GUIMARÃES, Tadeu Graciolli. **Evolução da cultura da banana no Brasil e no mundo**. Empraba Cerrados. 2011. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/287/>> Acesso em: 12 maio 2015.

SOUZA, M. E. et al. **Caracterização Físico-Química e Avaliação Sensorial dos Frutos de Bananeira**. Nativa, Sinop, v.01, n.01, p. 13-17, out./dez. 2013.

SOUZA, Silvana Aparecida Crente Dias de. **Avaliação de Variabilidade Genética em Musa spp. utilizando marcadores microssatélites**. Dissertação (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2002.

TACO, **Tabela brasileira de composição dos alimentos**. 4ª edição revisada e ampliada. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP- Campinas – SP- 2011.