



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

FRANKLIN HUDSON GOMES VICENTE

**AVALIAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE SUCOS DE
MANGA E CAJU UTILIZANDO IMAGENS DIGITAIS E ESPECTROSCOPIA**

**CAMPINA GRANDE
2018**

FRANKLIN HUDSON GOMES VICENTE

AVALIAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE SUCOS DE MANGA E CAJU UTILIZANDO IMAGENS DIGITAIS E ESPECTROSCOPIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Química Industrial.

Área de concentração: Química Analítica.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Sara Regina Ribeiro Carneiro de Barros.

**CAMPINA GRANDE
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

V632a Vicente, Franklin Hudson Gomes.
Avaliação de alguns parâmetros de qualidade de sucos de manga e caju utilizando imagens digitais e espectroscopia [manuscrito] : / Franklin Hudson Gomes Vicente. - 2018.
39 p. : il. colorido.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2018.
"Orientação : Profa. Dra. Sara Regina Ribeiro Carneiro de Barros , Departamento de Química - CCT."

1. Indústria alimentícia. 2. Controle de qualidade. 3. Sucos industrializados. I. Título

21. ed. CDD 663.63

FRANKLIN HUDSON GOMES VICENTE

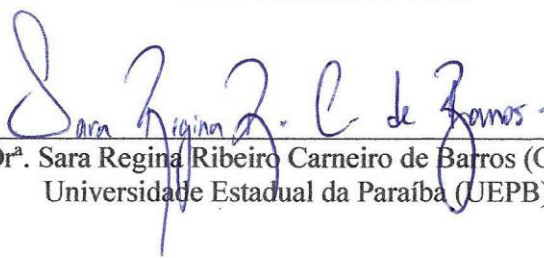
AVALIAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE SUCOS DE MANGA
E CAJU UTILIZANDO IMAGENS DIGITAIS E ESPECTROSCOPIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Centro de Ciências e Tecnologia da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharelado em Química Industrial.

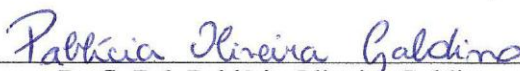
Área de concentração: Química Analítica.

Aprovada em: 21/06/2018.

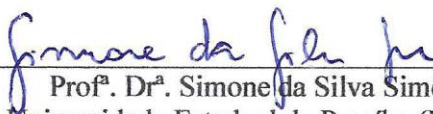
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Sara Regina Ribeiro Carneiro de Barros (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof.^a. Dr.^a. Pablícia Oliveira Galdino
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof.^a. Dr.^a. Simone da Silva Simões
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, que sempre tem me amado, abençoado, protegido, fortalecido e presenteado com o dom de viver.

Aos meus amados pais Ana Nery e Francisco de Assis, pelo amor e ensinamentos.

Ao meu irmão Francisco Júnior, pelo apoio e pelo cuidado com a família.

Às minhas avós Maria das Dores (Vó Neném) e Alzira Patrício (*in memoriam*), pelos preciosos ensinamentos de vida.

Aos meus demais familiares, pela ajuda e apoio.

Aos meus verdadeiros amigos: Jefferson Cavalcante Dantas, David Ososki Ribeiro e Hosana Maria Lima de Almeida, pela amizade, carinho, respeito e suporte quando preciso.

Às colegas que me acompanharam na UEPB desde o início: Agnis Pâmela, Alluska Agles, Martina Maia, Katolly Natanne, Palloma Soares e Rayla Rodrigues, pelos conselhos e ensinamentos.

Aos professores e colegas da UEPB, em especial à minha Professora orientadora Sara Regina, pela amizade, sinceridade, paciência, apoio e participação nos momentos importantes.

Aos demais colegas que encontrei na vida, pelos momentos de amizade e apoio.

RESUMO

O consumo de sucos de frutas no Brasil cresce a cada ano, e esse aumento tem servido de incentivo às indústrias alimentícias a investirem na otimização de novas técnicas para o controle de qualidade desses produtos. O presente trabalho visa desenvolver uma nova metodologia para classificar os sucos de manga e caju, utilizando imagens digitais capturadas por um smartphone. Durante 105 dias, houve o acompanhamento da estabilidade das amostras dos sucos de caju e manga, através da determinação dos parâmetros de qualidade: densidade, pH, acidez total titulável, viscosidade, sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), observação do ácido ascórbico por meio do espectro na região UV e ao parâmetro cor. Com auxílio das imagens digitais capturadas pelo smartphone e processadas à aquisição de histogramas nos padrões de cores RGB, Escala de Cinza e HSV, foi realizada uma classificação não supervisionada, por meio de Análise por Componentes Principais e obteve-se a separação dos sucos de manga e caju, através de sua coloração.

Palavras-Chave: controle de qualidade, indústria alimentícia, sucos industrializados.

ABSTRACT

The consumption of fruit juices in Brazil grows each year, and this increase has served as an incentive to the food industries to invest in the optimization of new techniques for the quality control of these products. The present work aims to develop a new methodology to classify mango and cashew juice using digital images captured by a smartphone. For 105 days, the stability of the cashew and mango juice samples was monitored by determining the quality parameters: density, pH, titratable total acidity, viscosity, soluble solids (° Brix), ascorbic acid spectrum in the UV region and the color parameter. With the aid of the digital images captured by the smartphone and processed to the acquisition of histograms in the RGB, Gray Scale and HSV color standards, an unsupervised classification was carried out by means of Principal Component Analysis and the separation of mango and cashew juices, through their coloration.

Keywords: food industry, processed juices, quality control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Estrutura básica dos flavonóides	12
Figura 2	Estrutura do ácido L-ascórbico	13
Figura 3	Cubo de tons dos canais RGB	15
Figura 4	Exemplo de plotagem de 50 observações em dois eixos	17
Figura 5	Esquema da caixa utilizada para a captura das imagens digitais	20
Figura 6	Densidade média para as amostras abertas e fechadas do suco de caju	22
Figura 7	Análise de pH para as amostras abertas e fechadas do suco de caju	23
Figura 8	Índice de acidez para as amostras abertas e fechadas de caju	24
Figura 9	Viscosidade para as amostras abertas e fechadas de caju	24
Figura 10	Sólidos totais para dos sucos abertos e fechados de caju	25
Figura 11	Densidade média para as amostras abertas e fechadas do suco de manga	27
Figura 12	Análise de pH para as amostras abertas e fechadas do suco de manga	28
Figura 13	Índice de acidez para as amostras abertas e fechadas de manga	29
Figura 14	Viscosidade para as amostras abertas e fechadas de manga	29
Figura 15	Sólidos totais para dos sucos abertos e fechados de manga	30
Figura 16	Resultado médio dos espectros do suco de caju aberto	31
Figura 17	Resultado médio dos espectros do suco de caju fechado	31
Figura 18	Resultado médio dos espectros do suco de manga aberto	32
Figura 19	Resultado médio dos espectros do suco de manga fechado	32
Figura 20	Scores dos histogramas dos sucos de manga e caju	34
Figura 21	Gráfico de loadings dos histogramas dos sucos de manga e caju	34
Figura 22	Variância Residual dos histogramas dos sucos de manga e caju	35
Figura 23	Scores dos espectros obtidos na região UV dos sucos de manga e caju	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Ácido ascórbico
HSV	Matiz, Saturação e Valor do inglês <i>Hue, Saturation and Value</i>
L-AA	ácido L-ascórbico
PCA	Análise por Componentes Principais do inglês <i>Principal component analysis</i>
PCs	Componentes Principais
RGB	Vermelho, Verde e Azul do inglês <i>Red, Green and Blue</i>
UV-Vis	Ultravioleta-visível

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	SUCOS DE FRUTAS	11
2.1.1	Suco de caju e manga	11
2.2	ALGUMAS SUBSTÂNCIAS PRESENTES NOS SUCOS	11
2.1.1	Flavonóides e antocianinas	11
2.2.2	Ácido ascórbico	13
2.3	ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS	14
2.4	IMAGENS DIGITAIS	14
2.5	TRATAMENTO DAS IMAGENS DIGITAIS	16
2.6	RECONHECIMENTO DE PADRÕES	16
2.6.1	Análise por Componentes Principais	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1	LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	18
3.2	PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	18
3.3	ESTABILIDADE	18
3.3.1	Densidade	18
3.3.2	pH	19
3.3.3	Acidez titulável	19
3.3.4	Viscosidade	19
3.3.5	Sólidos solúveis (°Brix)	19
3.3.6	Cor e ácido ascórbico	19
3.4	ANÁLISE DOS DADOS	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS SUCOS	21
4.1.1	Suco de caju	21
4.1.2	Suco de manga	26
4.2	ESPECTROS OBTIDOS NA REGIÃO ULTRAVIOLETA	30
4.2.1	Espectros das amostras de suco de caju	30
4.2.2	Espectros das amostras de suco de manga	32
4.3	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS.....	33
4.3.1	Investigação da intensidade dos pixels das imagens digitais	33
4.3.2	Distinção das amostras de sucos de caju e manga	33
5	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Os sucos de frutas são consumidos e apreciados em todo o mundo, não só pelo seu sabor, mas, também, por ser fonte natural de carboidratos, carotenóides, vitaminas, minerais e outros componentes importantes (PINHEIRO, et al., 2006).

O suco de frutas é o produto obtido pela dissolução, em água potável, da polpa da fruta polposa de origem tropical, por meio de processo tecnológico adequado, não fermentado, de cor, aroma e sabor característicos da fruta, submetido a tratamento que assegure sua conservação e apresentação até o momento do consumo. Além disso, o suco tropical deve ser obtido de fruta fresca, sã e madura, e manter as características físicas, químicas e organolépticas da fruta. Além disso, as características físicas, químicas e organolépticas devem ser as provenientes da fruta de sua origem, observando-se os limites mínimos e máximos dos parâmetros fixados para o respectivo Suco Tropical, parâmetros estes previstos nos padrões de identidade e qualidade específicos para cada fruta (BRASIL, 2003).

O crescimento do mercado de bebidas à base de frutas é uma realidade no Brasil uma vez que muitos supermercados já apresentam ofertas significativas e demandas desses produtos por consumidores, que de modo geral, tendem a chamar de suco de frutas todas aquelas ofertadas (PIRILLO e SABIO, 2009).

Em geral, a qualidade das bebidas de fruta tratadas termicamente e refrigeradas é melhor do que seus sucos concentrados comercializados a temperatura ambiente (CORRÊA e FARIA, 1999; SILVA et al., 2004). Porém, sua vida útil é menor, para se produzir a bebida de fruta durante todo o ano, necessita-se padronizar a qualidade com misturas de matérias-primas, visando compensar as diferenças que ocorrem em relação aos parâmetros de cor, açúcar e acidez (SENTANDREU et al., 2005).

O controle de qualidade é um fator indispensável para estabelecer os requisitos gerais, essenciais e de boas práticas de fabricação a que se deve ajustar todo estabelecimento, com a finalidade de obter alimentos aptos para o consumo humano. Esses fatores que determinam a qualidade dos sucos de fruta e alimentos em geral, comercializados por vendedores ambulantes, incluem a higiene do estabelecimento, sua localização, estado de conservação, funcionamento e atenção a qualidade da matéria-prima. No caso de frutas processadas para sucos, estas devem apresentar ausência de injúrias, condições de armazenamento adequadas, cuidado no manuseio e baixas temperaturas do produto final, que em conjunto constituem um

padrão apropriado para que se possam dar conforto e segurança para o consumidor (GARCIA et al., 2012).

1.1 OBJETIVOS

- Estudar a estabilidade dos sucos de frutas de caju e manga, comercializado por uma empresa na cidade de João Pessoa, Paraíba.
- Dividir os sucos de manga e caju em porções equivalentes gerando dois tipos de sistemas (aberto e fechado);
- Acompanhar o estudo da estabilidade dos sucos de frutas sob refrigeração (5 °C) durante 105 dias por meio dos parâmetros de densidade, pH, acidez titulável, viscosidade e sólidos (°Brix), pelo uso de espectrofotometria na região ultravioleta e

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SUCOS DE FRUTAS

Os sucos de frutas tropicais como o caju (*Anacardium occidentale*, L.) e manga (*Mangifera indica*, L.) são definidos pela legislação brasileira - Instrução Normativa nº 12/03 (BRASIL, 2003) - como: produto obtido pela dissolução, em água potável, da polpa da fruta polposa de origem tropical, por meio de processo tecnológico adequado, não fermentado, de cor, aroma e sabor característicos da fruta, submetido a tratamento que assegure sua conservação e apresentação até o momento do consumo. Para o suco de caju, a cor deve ser amarela clara, sabor levemente adstringente e aroma próprio. E para o suco de manga, a cor deve variar de amarelo para alaranjado, com sabor característico e aroma próprio

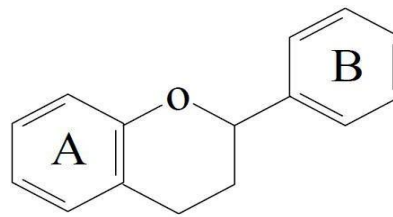
2.1.1 Suco de caju e manga

Os parâmetros físico-químicos exigidos pela Instrução Normativa nº 12/03 (BRASIL, 2003) para o suco de caju adoçado são: sólidos solúveis em Brix a 20 °C, mínimo 11,00; acidez total em ácido cítrico, mínimo 0,12g/100g. E para o suco de manga adoçado: sólidos solúveis em Brix a 20 °C, mínimo 11,00; acidez total em ácido cítrico, mínimo 0,20g/100g.

2.2 ALGUMAS SUBSTÂNCIAS PRESENTES NOS SUCOS

2.2.1 Flavonóides e antocianinas

Os flavonóides são pigmentos naturais amplamente distribuídos no reino vegetal (DRESOSTI, 2000), sua estrutura básica consiste de 15 carbonos distribuídos em dois anéis aromáticos, A e B (Figura 1) interligados via carbono heterocíclico do pirano.

Figura 1 - Estrutura básica dos flavonóides

Fonte: MARTÍNEZ-FLÓREZ et

Flavonóides

al. (2002)

As antocianinas pertencem ao grupo de pigmentos naturais com estruturas fenólicas variadas (NIJVELDT et al.,2001; KUSKOSKI et al.,2004). São os componentes de muitas frutas vermelhas e hortaliças escuras, apresentando concentração nas cascas de uvas escuras (DOWNHAM & COLLINS, 2000). Seu espectro de cor vai do vermelho ao azul, apresentando-se também como uma mistura de ambas as cores resultando em tons de púrpura. Os flavonóis são importantes por atuarem na co-pigmentação das antocianinas e são pigmentos de cores branca ou amarela clara, encontrados nesses alimentos (BOBBIO, 1995).

Segundo Lupetti et al. (2005), o escurecimento de frutas e de certos vegetais é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos (flavonóides e antocianinas) pelos polifenóis oxidases. O produto final da oxidação é a quinona, que ou se polimeriza, formando um pigmento escuro insolúvel, denominado melanina, ou reage não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando também melaninas.

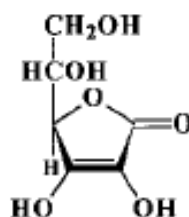
A complexidade da produção industrial de alimentos associada à necessidade de aumentar o período de armazenamento torna o produto à base de frutas vulnerável à deterioração oxidativa. Portanto, o escurecimento de um alimento pode estar relacionado ao seu grau de deterioração. Tal fato, explica porque a indústria de alimentos apresenta como uma das suas principais preocupações, a preservação dos produtos que comercializa, buscando metodologias para manter o sabor, a aparência, o valor nutritivo e prevenir a formação de compostos tóxicos em alimentos *in natura* ou que serão processados.

2.2.2 Ácido ascórbico

Entre os sucos de fruta, os cítricos são os mais conhecidos e apresentam alto teor de ácido ascórbico (vitamina C). As vitaminas são substâncias orgânicas necessárias em pequenas quantidades, mas indispensáveis ao organismo. Os sucos recém-preparados usualmente têm um conteúdo de vitamina C similar ao da fruta original. Esta vitamina, contudo, é sensível ao oxigênio, calor e luz. Dessa forma, o processamento e armazenamento dos sucos industrializados podem levar a perdas no conteúdo de vitamina C (PIRILLO e SABIO, 2009).

O teor de AA presente nos alimentos tem despertado, ultimamente, um grande interesse por parte do consumidor em função dos seus efeitos benéficos à saúde humana. De acordo com Campelo et al. (1998), o ácido ascórbico desempenha várias funções no metabolismo humano; favorece o aumento da resistência orgânica, é ativador do crescimento, interfere no metabolismo do ferro, da glicose e de outros glicídios, bem como na saúde dos dentes e gengivas.

Figura 2 – Estrutura do ácido L-ascórbico



Fonte: FORNARO, A.; COICHEV, N. (1997)

O ácido ascórbico, cujas maiores fontes são frutas e hortaliças, não é sintetizado pelo organismo humano, precisando ser ingerido pela dieta para exercer sua atividade funcional. (TEIXEIRA et al, 2006). Para isso, precisa estar na sua forma reduzida. Esta vitamina, em condições aeróbicas, é, inicialmente, oxidada a ácido dehidroascórbico, que tem cerca de 80% de atividade de vitamina C, e, posteriormente, é oxidado a ácido dicetogulônico, que não possui atividade vitamínica, produzindo, finalmente, hidroxifurfural (TANNENBAUM et al, 1985).

Em ambientes ácidos (níveis de pH baixos), o AA encontra-se na forma protonada e a sua absorção máxima ocorre entre os 244-245 nm. Acima do pH 5, o ácido L-ascórbico como mostrados na figura 2, encontra-se predominantemente como espécie monoaniônica (ânion L-ascorbato) e possui absorção máxima por volta dos 265 nm. Em soluções com pH acima de

12 (básico) o L-AA encontra-se totalmente dissociado e absorve próximo dos 300 nm. O ácido ascórbico não possui propriedades de fluorescência (EITENMILLER et al., 2008; NOLLET, 2000; apud. SPÍNOLA, 2011).

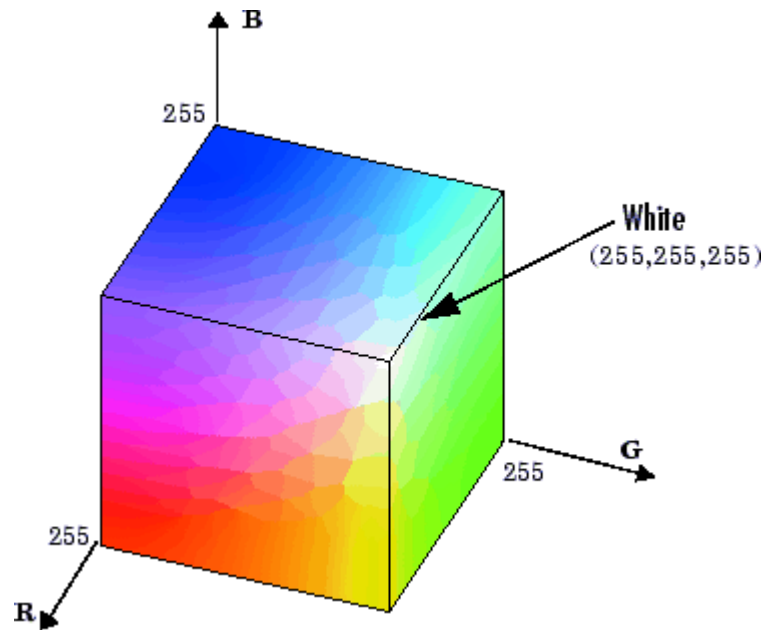
2.3 ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS

A espectrofotometria UV e Visível apresenta um conjunto de características favoráveis, as quais devem garantir a sua condição de ferramenta analítica de primeira escolha. Trata-se de uma técnica consolidada, de baixo custo e sensibilidade compatível com muitas das necessidades que surgem no controle de qualidade de produtos farmacêuticos e alimentícios (SILVA, 2013).

Segundo Santos et al. (2013), a espectrofotometria ultravioleta pode ser usada em conjunto com a calibração multivariada para determinar vários compostos, uma vez que a região espectral utilizada pode trazer informações sobre as estruturas químicas dos compostos devido a absorções de cromóforos.

2.4 IMAGENS DIGITAIS

Uma das principais formas de se avaliar o grau de deterioração de alimentos é através de técnicas de análise de imagens, que visam quantificar alterações de coloração ao longo do tempo. A classificação dos sucos de manga e de caju por meio da cor utiliza a escala de padrão de cores RGB, no qual apresenta 256 tons de cores (índices de cor), que variam entre 0 e 255 tons de cores para cada uma das cores básicas: vermelha, verde e azul, permitindo uma combinação de $256 \times 256 \times 256$, alcançando um total de 16.777.216 tonalidades de cada pixel (elemento de imagem digital). Um tom de cor corresponde a um ponto em um espaço tridimensional formado pelos eixos RGB, mostrado na Figura 3. Essa escala é empregada em imagens digitais capturadas por meio de scanners ou máquinas fotográficas digitais (SCHIMIDT 1997).

Figura 3 – Cubo de tons dos canais RGB

Fonte: MATHWORKS (2018)

Segundo Gonzales & Woods (1992, apud DINIZ, 2013), o sistema visual humano pode distinguir centenas de milhares de tons e intensidades de cor diferentes, mas apenas cerca de 100 tons de cinza. Portanto, em uma imagem uma grande quantidade de informação extra pode estar contida na cor, e esta informação adicional pode então ser usada para simplificar a análise da imagem, por exemplo, identificação de objetos e extração com base na cor. Três quantidades independentes são utilizadas para descrever qualquer cor particular: hue, saturation e value (HSV), respectivamente o matiz, saturação e valor. O matiz é determinado pelo comprimento de onda dominante. A saturação é determinada pela pureza da excitação e depende da quantidade de luz branca misturada com o matiz. O matiz puro é totalmente saturado, ou seja, nenhuma luz branca está misturada. Matiz e saturação em conjunto determinam a cromaticidade de uma determinada cor. Finalmente, o valor determina o brilho da cor.

A escala de cinza é uma medida de intensidade, que é determinada pela energia e por conseguinte, uma grandeza física. Por outro lado, o brilho (ou luminosidade) é determinado pela percepção da cor e é, portanto, psicológico. Cores como azul e verde são igualmente intensos, porém o azul é percebido como sendo muito mais escuro do que o verde pela percepção humana (FOLEY et al., 1990, apud DINIZ, 2013).

2.5 TRATAMENTO DAS IMAGENS DIGITAIS

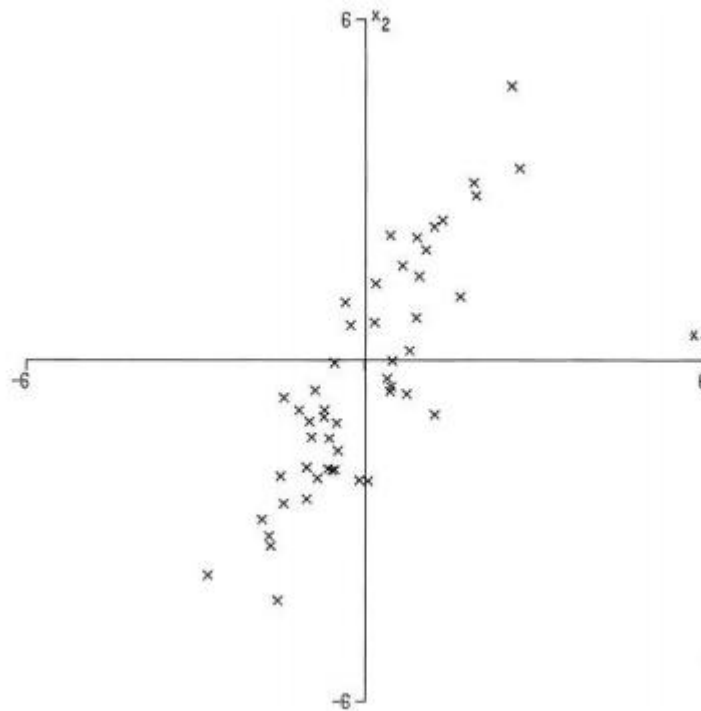
De acordo com Gonzales (2000), o primeiro passo no processo é a aquisição da imagem – isto é, adquirir uma imagem digital. Para fazer isso, necessita-se de um sensor para imageamento e a capacidade de digitalizar o sinal produzido pelo sensor. O segundo passo é pré processar a imagem. Esta etapa serve para melhorar a imagem de forma a aumentar as chances para o sucesso dos processos seguintes. O terceiro passo é a segmentação que por sua vez, divide a imagem de entrada em partes ou objetos constituintes. A etapa de descrição procura extrair características que resultem em alguma informação quantitativa de interesse ou que sejam básicas para discriminação entre classes de objetos. O reconhecimento é o processo que atribui um rótulo ao objeto, baseado na informação fornecida pelo seu descritor, que dará um resultado.

2.6 RECONHECIMENTO DE PADRÕES

2.6.1 Análise por Componentes Principais

Segundo Jolliffe (2002), a ideia central da análise de componentes principais é reduzir a dimensionalidade de um conjunto de dados que consiste em um grande número de variáveis, mantendo o máximo possível a variação presente no o conjunto de dados. Isto é conseguido através da transformação para um novo conjunto de variáveis, os principais componentes (PCs), que não são correlacionados, e que são ordenados para que os primeiros reter a maior parte da variação presente em todos as variáveis originais.

Em conformidade com Silva (2008), a PCA é uma das bases fundamentais da maioria dos métodos para tratamento de dados multivariados. A mesma consiste em uma mudança de base, para melhor descrever as informações relevantes em uma calibração multivariada, utilizando autovetores que oferecem uma interpretação matemática mais simplificada.

Figura 4 – Exemplo de plotagem de 50 observações em dois eixos

Fonte: JOLLIFE, 2002

Por se tratar de dados multivariados é essencial uma PCA para perceber se há semelhanças ou diferenças entre as amostras a serem estudadas. Na figura 4, pode ser observada as 50 amostras plotadas em duas PCs e o comportamento de cada amostra representadas por cada eixo. Desse modo, as características das variáveis representadas podem ser relacionadas e demonstrar as semelhanças e diferenças entre as amostras; quanto mais próximas as amostras, percebe-se que as mesmas são semelhantes, do contrário é verdadeiro, quanto mais distantes as amostras uma das outras, demonstra-se que são diferentes. As variáveis têm correlações substanciais entre elas, então as primeiras PCs serão responsáveis pela maior parte da variação nas variáveis originais, ou seja, são nas primeiras PCs (PC_1 , PC_2 , PC_3 , ...) onde se encontram as maiores informações das variáveis contidas nas amostras. Por outro lado, as últimas PCs identificam direções em que há muito pouca variação; ou seja, eles identificam constantes relações lineares entre as variáveis originais (JOLLIFE 2002).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Química Analítica e Quimiometria – LQAQ, pertencente ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba - Campus I.

3.2 PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

Os sucos de frutas, caju e manga, foram fornecidos vinte copos de 300 mL de mesmo lote para os sucos de manga (fabricação: 30/01/2017 e validade: 02/05/2017) e para os sucos de caju (fabricação: 23/01/2017 e validade: 02/05/2017), por uma empresa de sucos de frutas localizada na cidade de João Pessoa, Paraíba.

Os sucos de manga e caju foram divididos em porções equivalentes, no qual parte dos sucos permaneceram abertas e outra fechadas, formando 4 grupos de sucos das frutas: 10 amostras de suco manga aberto, e 10 amostras de suco de manga fechado; 10 amostras de suco de caju aberto e 10 amostras de suco de caju fechado.

3.3 ESTABILIDADE

Após o preparo das amostras, as mesmas, foram submetidas sob refrigeração na temperatura de 5 °C.

No início do armazenamento (tempo zero) e a cada 15 dias, durante 105 dias, foi feito o acompanhamento da estabilidade das amostras de sucos de caju e manga, através da determinação dos parâmetros de qualidade: densidade, pH, acidez titulável, viscosidade, sólidos solúveis (° Brix), acompanhamento do ácido ascórbico e cor, utilizando-se as metodologias descritas no item 3.3.1 a 3.3.6, em que os procedimentos foram realizados em triplicata e em quintuplicata exclusivamente ao parâmetro cor.

3.3.1 Densidade

Densímetro digital (Modelo: Densito 30PX; Marca: Mettler Toledo).

3.3.2 pH

Medidor de potenciométrico (Modelo: RS 232. Marca: Instrutherm).

3.3.3 Acidez titulável

Nessa determinação utilizou-se o método acidimétrico da AOAC (1984), por meio da solução padronizadora de NaOH 0,1 M.

3.3.4 Viscosidade

Viscosímetro rotacional (Modelo: ONE R. Marca: Fungilab).

3.3.5 Sólidos solúveis (°Brix)

O teor de sólidos solúveis (° Brix) foi determinado por leitura direta em refratômetro de bancada ABBE (Modelo: SBA 9006B), seguindo a metodologia descrita por Instituto Adolfo Lutz (2008).

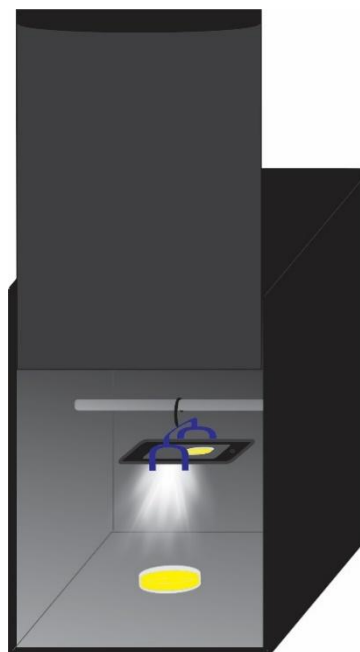
3.3.6 Cor e ácido ascórbico

As diluições dos dois tipos de sucos para identificar o ácido ascórbico, ocorreram na proporção de 200 μ L de suco para 25 mL de água (1:125), com a finalidade de obtenção do sinal, utilizando o espectrofotômetro de Absorção Molecular UV-VIS/NIR (Modelo: Lambda 750. Marca: Perkin Elmer).

Com relação ao parâmetro cor, os registros das imagens digitais foram obtidos dentro de uma caixa de madeira, totalmente vedada, com o seu interior de cor preta e tendo apenas um lado móvel. As amostras de sucos de caju e manga foram adicionadas a uma placa de Petri e inserida no interior da caixa. As imagens foram capturadas pelo smartphone (Modelo: SM-J320MZXQZTO. Marca: Samsung) que foi fixado a uma garra metálica, fixada a uma haste universal, de acordo com a figura 5. As imagens digitais capturadas pelo smartphone, foram

obtidas com resolução de 8 megapixels, fazendo uso do flash ativado com temporizador em 10 segundos

Figura 5 – Esquema utilizado para a captura das imagens digitais



Fonte: Própria (2018)

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

As imagens digitais foram desenvolvidas através do aplicativo Câmera do próprio smartphone (formato JPG). A cada análise foram realizados os registros nos diferentes tipos de suco, totalizando 160 imagens. Utilizando o Toolbox imagens_GUI (desenvolvido pelo Laboratório de Automação e Instrumentação em Química Analítica e Quimiometria - LAQA, 2016), de interface em Matlab (Mathworks Inc.) para aquisição de dados de imagens no formato MAT, foram extraídos os histogramas em escala de cinza, RGB e HSV de todas as imagens. Em seguida, as matrizes foram convertidas ao formato compatível com o programa Unscrambler 9.7 (CAMO S/A), para se fazer as médias.

Os cálculos das médias dos parâmetros físico-químicos foram calculados no Excel 2016 (Microsoft Corporation) e dos espectros UV (Unscrambler), resultando em 32 amostras para cada procedimento descrito. Com o Unscrambler 9.7, foi realizada uma Análise de Componentes Principais, empregando o método de Full Cross Validation (completa validação cruzada) em todas as médias dos espectros e nos histogramas das imagens.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS SUCOS

4.1.1 Suco de caju

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos do suco de caju em diferentes sistemas (aberto e fechado).

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros físico-químicos do suco de caju.

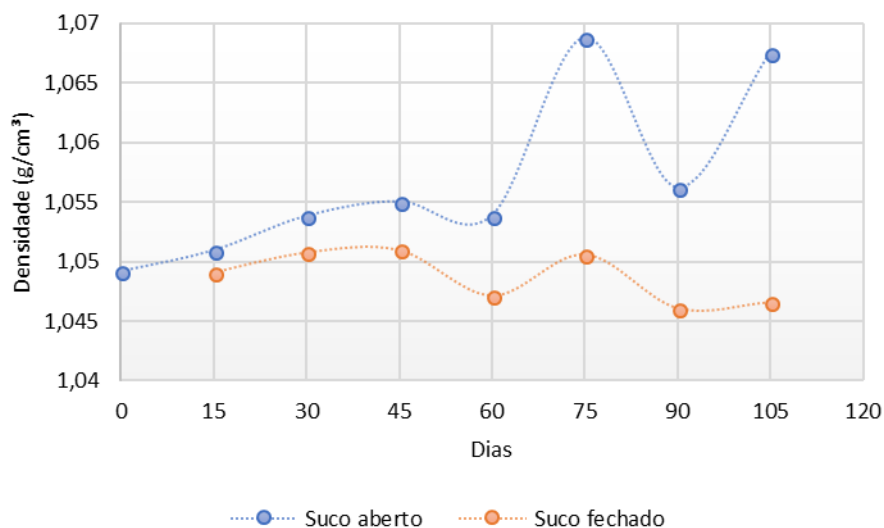
Dias	Sistema aberto					Sistema fechado				
	Densidade (g/cm ³)	pH	Acidez (Ác. Cítrico g/100g)	Viscosidade (mPa.s)	Sólidos solúveis (Brix)	Densidade (g/cm ³)	pH	Acidez (Ác. Cítrico g/100)	Viscosidade (mPa.s)	Sólidos Solúveis (Brix)
0	1,0491	4,12	0,1561	62,45	13,45	1,0491	4,12	0,1561	62,45	13,45
15	1,0509	4,10	0,1581	62,97	14,00	1,0491	4,20	0,1427	76,33	13,50
30	1,0538	4,10	0,1521	80,50	14,25	1,0508	4,10	0,1581	53,23	13,25
45	1,0551	4,17	0,1679	67,50	14,50	1,0510	4,17	0,1541	53,77	13,25
60	1,0537	4,10	0,1748	72,40	14,00	1,0471	4,10	0,1541	65,00	14,00
75	1,0688	4,03	0,1620	91,77	17,75	1,0506	4,00	0,1509	62,00	13,75
90	1,0562	4,13	0,1639	172,33	15,25	1,0461	4,17	0,1541	74,30	13,25
105	1,0676	4,40	0,1936	115,63	17,25	1,0466	4,40	0,1541	69,60	13,25
σ	0,0068	0,10	0,0123	35,05	1,49	0,002	0,11	0,004	8,53	0,28

σ = Desvio padrão de cada parâmetro analisado

Fonte: Própria (2018)

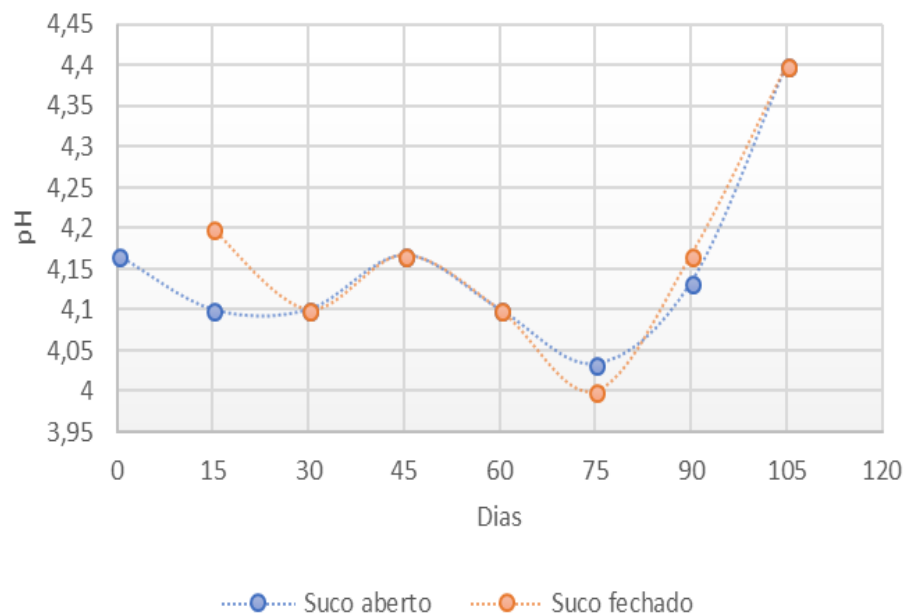
Observa-se que o suco de caju no sistema aberto apresentou um pequeno aumento de densidade da data de início de análises e o término, já os sucos no sistema fechado, apresentaram valores de densidade que não sofreram alteração quando comparados com as amostras abertas de caju.

Ao analisar o perfil dos valores obtidos ao longo do período em estudo (Figura 6), observa-se que existem diferenças nos valores de densidade para as amostras de sucos nos sistemas abertos e fechados apresentando pontos crescentes para as amostras que se encontravam expostas na geladeira (sucos abertos). Já as amostras lacradas não sofreram grande variação. O aumento da densidade para as amostras abertas, podem ser justificadas pelo aumento dos sólidos solúveis, descrita por Rizzon e Miele (2005), de maneira natural quando expostas ao ambiente da geladeira durante o seu período de estudo.

Figura 6 – Densidade média para as amostras abertas e fechadas do suco de caju

Fonte: Própria (2018)

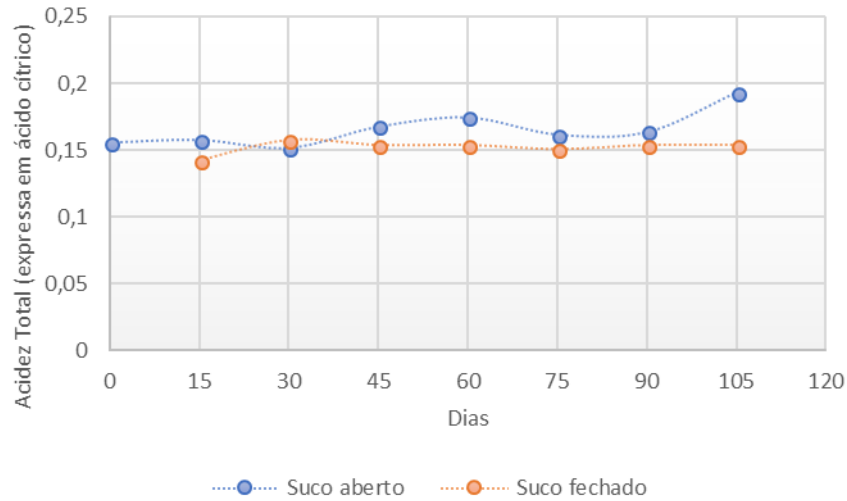
No parâmetro pH, de acordo com os resultados da Tabela 1 observa-se que seus valores não apresentaram variações significativas. Estes produtos têm característica de alimentos com $\text{pH} < 4,5$, e os mesmos apresentaram valores entre 4,12 e 4,40. Os valores encontrados para esse parâmetro, tanto para as amostras de suco nos sistemas abertos e fechados, são concordantes com os obtidos por Maia et al. (2000), que em seu trabalho avaliou o parâmetro pH para amostras de suco de caju com o mesmo perfil das analisadas neste trabalho e encontrou valores médios em torno de 4,12. Analisando ainda os valores de pH da Tabela 1, pode-se observar que foram encontrados valores com uma tendência de aumento em ambos sistemas. Esta variação pode ser justificada, pelo fato de que o lote das amostras utilizadas para a análise referente a esse período, já se encontravam próximas ao final da data de validade, e esse valor pode estar relacionado ao crescimento de microrganismos que nessa faixa de pH não há desenvolvimento de bactérias esporuladas, e sim, pelas bactérias deteriorantes.. Na Figura 7, que descreve o perfil dos resultados do parâmetro pH para as amostras dos sistemas abertos e fechados de suco de caju, observa-se ainda, uma pequena variação entre os valores das amostras nos dois sistemas, com um pequeno declive no sexto dia de análise e um aumento nos últimos dias.

Figura 7 – Análise de pH para as amostras abertas e fechadas do suco de caju

Fonte: Própria (2018)

A índice de acidez total titulável para as amostras abertas, apresentaram um crescente aumento entre os valores do início e do término das análises, como demonstrado na Figura 8. As duas últimas amostras encontravam-se com datas de validade próximas ao vencimento e provavelmente este valor mais pronunciado de índice de acidez pode estar associado as condições de armazenamento e prazo de validade, pois nestas condições os processos de decomposição bem como oxidação, hidrólise e fermentação, contribuem para a variação de valores deste parâmetro, segundo Aroucha et al. (2010). Todos os valores calculados para o índice de acidez total, encontraram-se abaixo do mínimo padrão estabelecido pelas normas de controle de qualidade de bebidas à base de suco de fruta (Brasil, 2003), para amostras de suco de caju com alto teor de polpa (0,12g/100g).

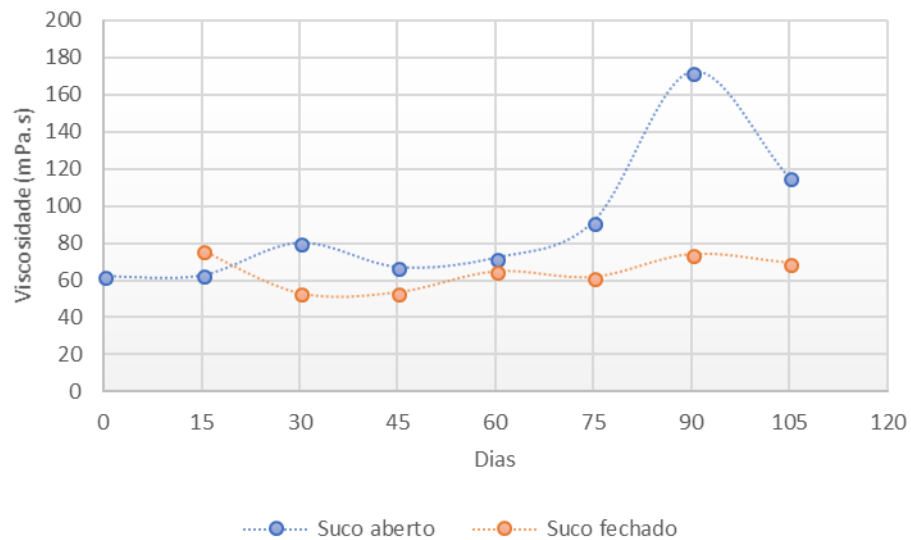
Figura 8 – Índice de acidez para as amostras abertas e fechadas de caju



Fonte: Própria (2018)

O parâmetro viscosidade apresentou pouca variação de valores ao longo dos dias de análise para as amostras do suco de caju fechadas, porém para as amostras de suco aberto, houve um aumento considerável nos últimos dias, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Viscosidade para as amostras abertas e fechadas de caju

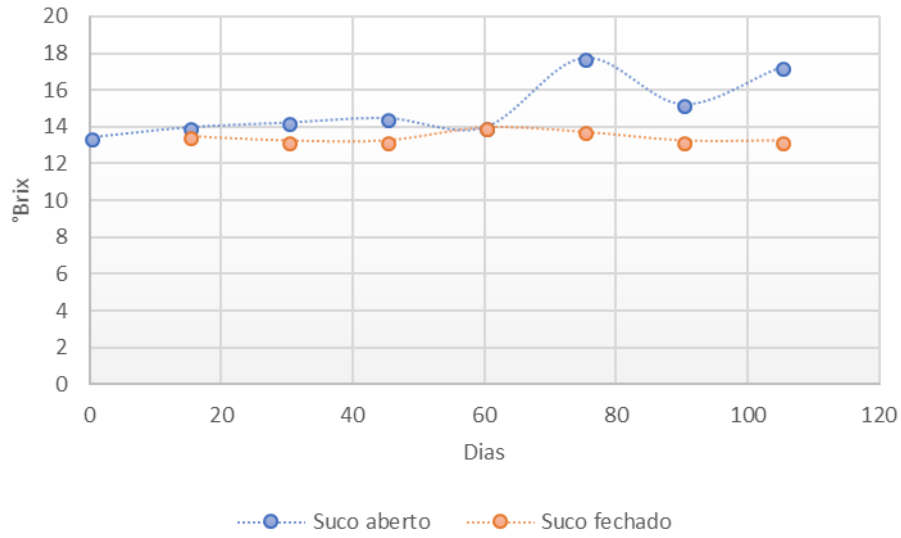


Fonte: Própria (2018)

Os sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) houve um aumento de 13,45 a 17,25 no sistema de suco de caju aberto, no entanto, para as amostras de suco fechado, como pode ser observado na Figura 10. Todos os valores obtidos para os sólidos totais estavam acima do valor mínimo padrão

(11,0°Brix) segundo a Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003 (BRAISL, 2003) e foram similares com os valores encontrados por Pinheiro (2006), em sua pesquisa que avaliava os parâmetros físico-químicos de amostras de suco de caju com os mesmos resultados encontrados nessa pesquisa.

Figura 10 – Sólidos totais para dos sucos abertos e fechados de caju



Fonte: Própria (2018)

4.1.2 Suco de manga

Na Tabela 2, estão apresentados os valores medidos dos parâmetros físico-químicos. A partir deles tentou-se interpretar o comportamento das amostras ao longo do período em estudo, com respeito a essas variáveis.

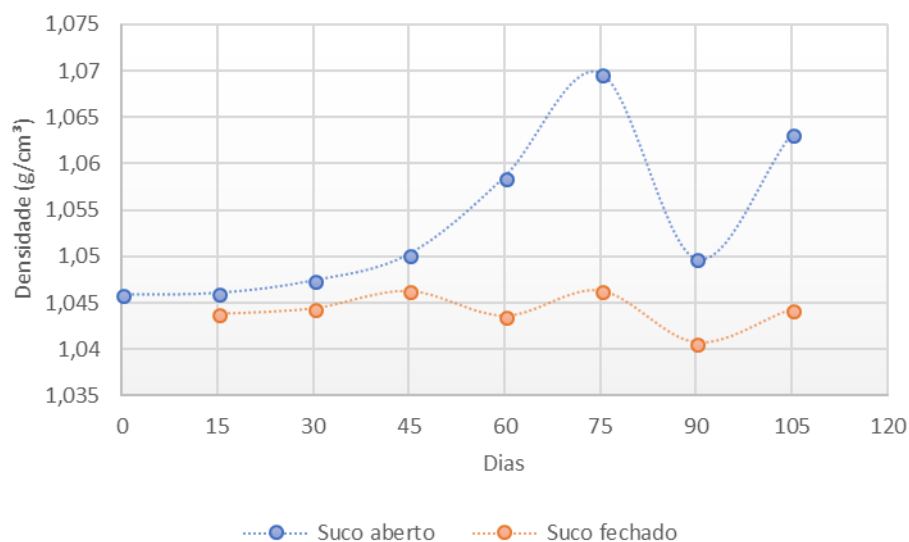
Tabela 2 - Resultados dos parâmetros físico-químicos do suco de manga

Dias	Sistema aberto					Sistema fechado				
	Densidade (g/cm ³)	pH	Acidez (Ác. Cítrico g/100g)	Viscosidade (mPa.s)	Sólidos solúveis (Brix)	Densidade (g/cm ³)	pH	Acidez (Ác. Cítrico g/100)	Viscosidade (mPa.s)	Sólidos Solúveis (Brix)
0	1,0495	3,60	0,1560	64,20	13,25	1,0495	3,60	0,1560	64,20	13,25
15	1,0461	3,86	0,1383	65,17	13,50	1,0438	4,03	0,1403	61,53	13,50
30	1,0475	4,10	0,1363	68,83	13,75	1,0444	4,06	0,1383	60,23	13,00
45	1,0503	4,13	0,1462	73,23	14,50	1,0463	4,10	0,1402	62,70	13,25
60	1,0586	4,16	0,1649	85,90	16,50	1,0463	4,10	0,1492	70,93	14,00
75	1,0697	4,13	0,1847	86,03	18,75	1,0463	4,00	0,1502	62,33	13,25
90	1,0498	4,13	0,1600	79,57	14,75	1,0407	4,13	0,1442	61,77	13,00
105	1,0632	4,47	0,1719	77,43	16,75	1,0443	4,40	0,1452	70,40	13,25
σ	0,008	0,24	0,02	8,08	1,81	0,002	0,21	0,006	3,84	0,30

σ = Desvio padrão de cada parâmetro analisado

Fonte: Própria (2018)

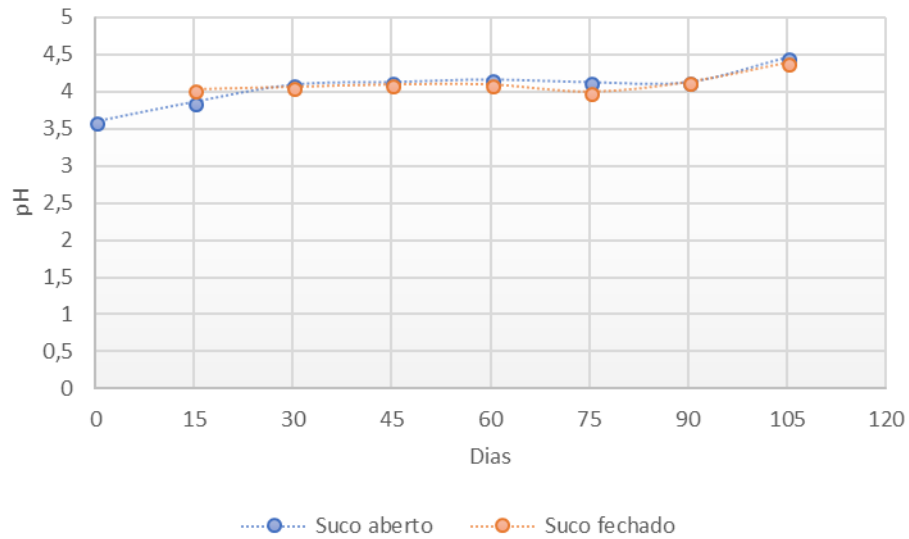
Os valores observados para o parâmetro densidade para as amostras de suco de manga aberto e fechado, manteve-se praticamente constantes até 45 dias de análise, após esse tempo, houve um pequeno aumento nos valores observados na Figura 11.

Figura 11 – Densidade média para as amostras abertas e fechadas do suco de manga

Fonte: Própria (2018)

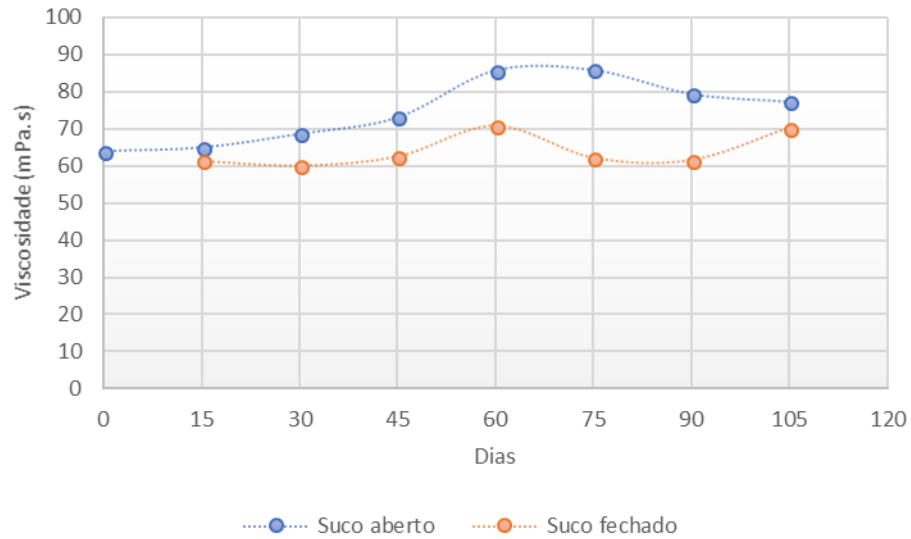
O pH manteve-se com menos variações nos primeiros dias de análise e observou-se uma pequena variação nos valores de pH nos últimos dias de análise, tanto para amostras abertas como para as amostras fechada do suco. Vale salientar que essas amostras se encontravam próxima ao vencimento, como demonstrado na Figura 12. Cabe comentar aqui que, os valores encontrados para esse parâmetro, tanto para as amostras de suco abertas e fechadas, são concordantes com os obtidos por Oliveira (2014), que em seu trabalho avaliou o parâmetro pH para amostras de suco de manga e encontrou valores médios em torno de 4,06.

Figura 12 – Análise de pH para as amostras abertas e fechadas do suco de manga



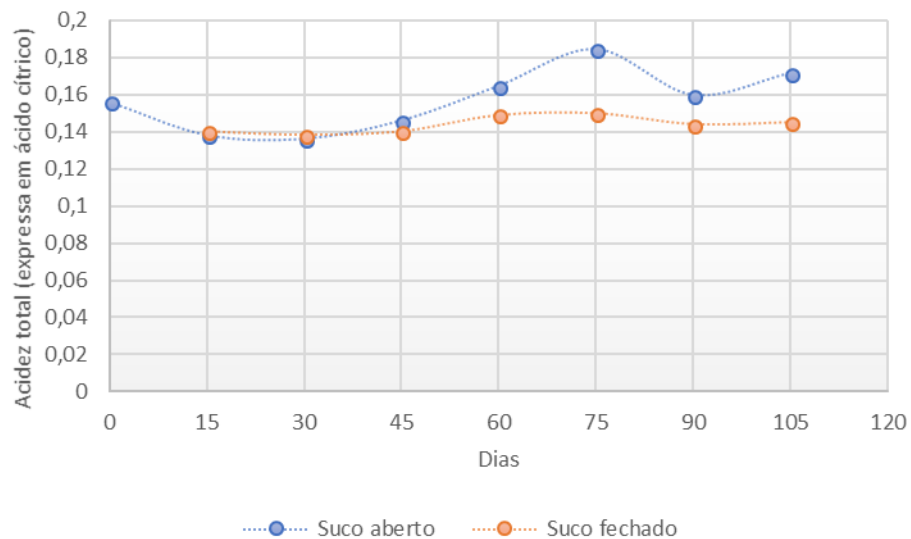
Fonte: Própria (2018)

No que diz respeito ao parâmetro índice de acidez total titulável, os valores obtidos para as amostras de suco aberto apresentaram valores que foram aumentando a partir da quarta quinzena de análise, já os valores obtidos para as amostras de suco fechadas mantiveram-se praticamente constante durante o tempo de armazenamento, como mostra a Figura 13. Todos os valores obtidos para este parâmetro permaneceram abaixo do valor padrão mínimo estabelecido pela legislação vigente (0,20g/100g), (Brasil, 2003). Logo, pode-se inferir que as amostras de suco de manga, tanto abertas quanto fechadas, no quesito acidez total titulável, não estão dentro dos padrões estabelecidos pelas normas de controle de qualidade de bebidas à base de suco de fruta.

Figura 13 – Índice de acidez para as amostras abertas e fechadas de manga

Fonte: Própria (2018)

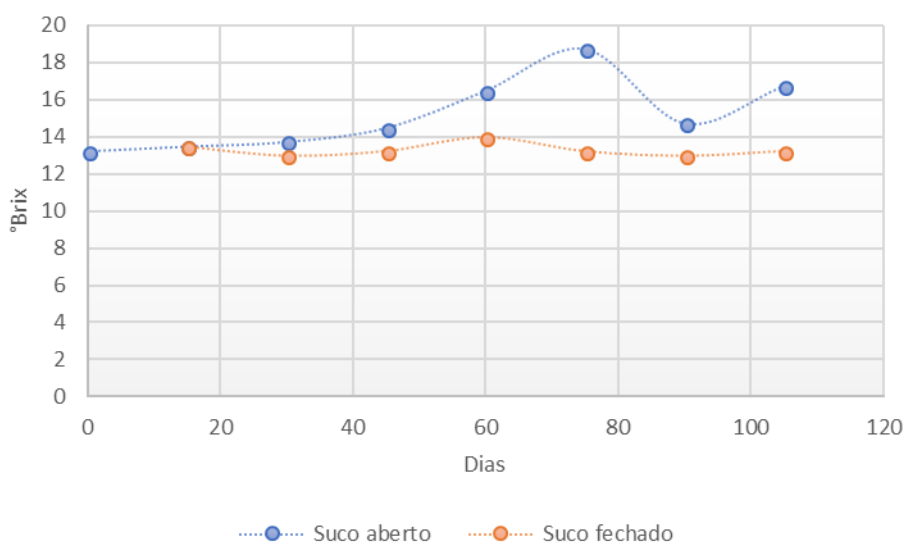
De acordo com os valores apresentados na Figura 14 para o parâmetro viscosidade, observa-se que a partir da primeira quinzena de análise houve um ligeiro aumento dos valores deste parâmetro para as amostras abertas e que houve um decréscimo nos valores de viscosidade nas últimas três quinzenas das amostras de suco de manga fechadas, apesar destas estarem fora do prazo de validade nessas últimas semanas.

Figura 14 – Viscosidade para as amostras abertas e fechadas de manga

Fonte: Própria (2018)

Para o parâmetro sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), os valores apresentados na Tabela 2 das amostras de suco de manga abertas mostraram um ligeiro aumento significativo, a partir dos 45 dias de armazenamento, apresentando valor máximo em 75 dias. Já nas amostras de suco de manga fechadas mantiveram-se com valores constantes, como mostra a Figura 15. Todos os valores obtidos para os sólidos solúveis mantiveram-se acima do valor mínimo estabelecido na literatura ($11,0^{\circ}$ Brix), segundo a Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003 (BRAISL, 2003).

Figura 15 – Sólidos totais para dos sucos abertos e fechados de manga



Fonte: Própria (2018)

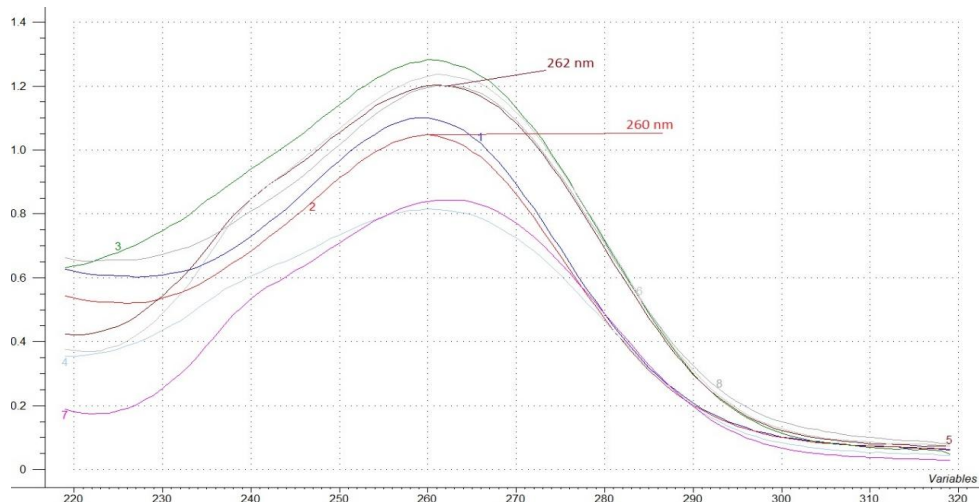
4.2 ESPECTROS OBTIDOS NA REGIÃO ULTRAVIOLETA

4.2.1 Espectros das amostras de suco de caju

Os dois tipos de amostras de suco de caju (aberto e fechado) apresentaram espectros que absorveram no comprimento de onda de 260-262 nm, mostrados nas Figuras 16 e 17. Entende-se que o suco de caju continha o ácido ascórbico em suas formas diferentes, devido a variação do pH. A cada quinzena de análise, a proporção de ácido ascórbico e L-ácido ascórbico variavam. De acordo com a literatura o AA tem pico de absorção em comprimento de onda máximo no valor de 254 nm (SPÍNOLA, 2011). O resultado diferenciado encontrado neste trabalho pode ser justificado pelo valor de pH das amostras com o valor médio de 4,13,

tanto abertas quanto fechadas. O AA apresenta absorção em 254 nm quando o pH de análise encontra em valores mais ácidos, em torno de 3,20 (FERNANDES et al, 2009).

Figura 16 – Resultado médio dos espectros do suco de caju aberto



Fonte: Própria (2018)

Figura 17 – Resultado médio dos espectros do suco de caju fechado

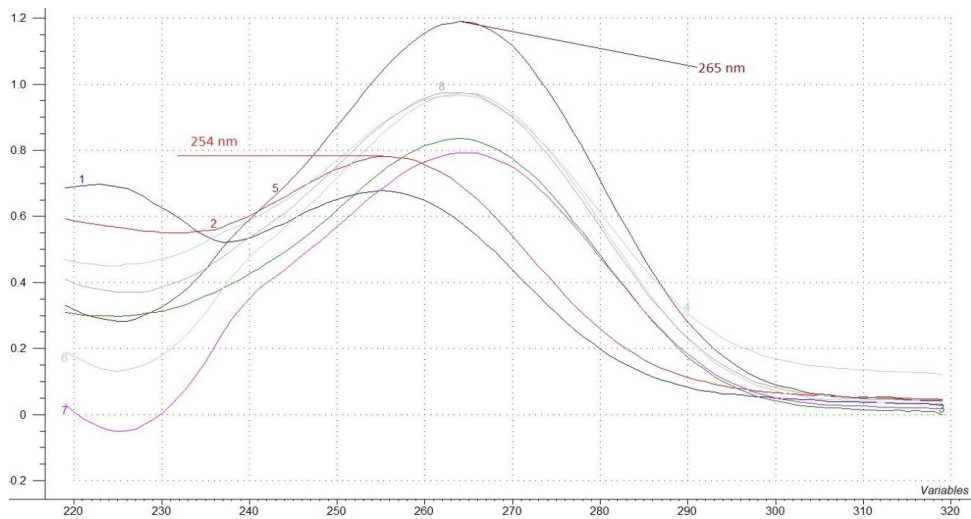


Fonte: Própria (2018)

4.2.2 Espectros das amostras de suco de manga

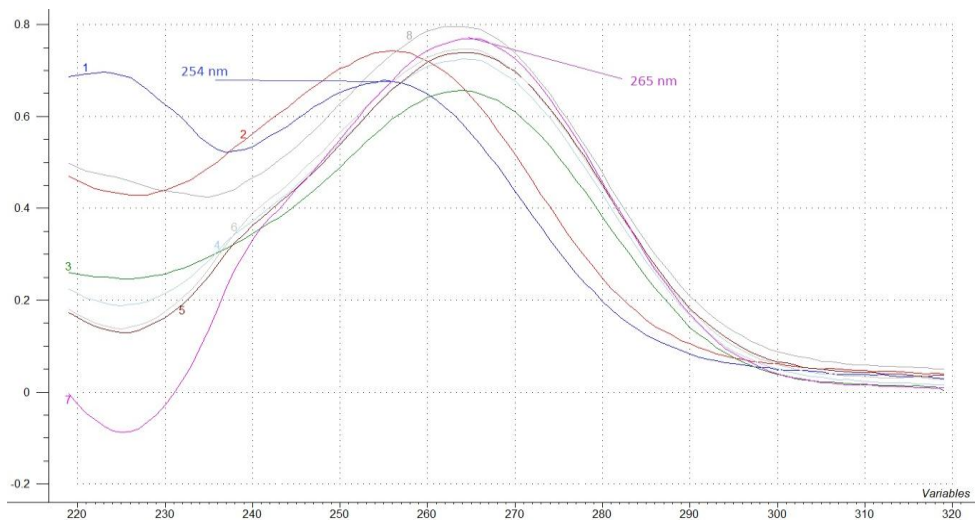
Os espectros das Figuras 18 e 19 retratam a maior absorção no comprimento de onda 254 nm, segundo Spínola (2011) esse é o comprimento de onda característico do ácido ascórbico. Nos tempos 0, 15 e também em 75 adias, para os dois grupos de suco de manga (aberto e fechado) observa-se absorção no comprimento de onda de 254 nm, devido ao seu pH está mais ácido que dos dias posteriores, que foram absorvidos na região de 265 nm, e possuíram um pH um pouco menos ácido que as amostras iniciais.

Figura 18 – Resultado médio dos espectros do suco de manga aberto



Fonte: Própria (2018)

Figura 19 – Resultado médio dos espectros do suco de manga fechado



Fonte: Própria (2018)

4.3 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

Nas seções 4.3.1 e 4.3.2 é mostrado e discutido o modelo quimiométrico baseado na Análise de Componentes Principais (BORGES et al, 2007; SILVA et al, 2002; FERREIRA et al, 2002; BEEBE et al, 1998). Para realizar a PCA, foi empregado o método de full cross validation em todas as médias das intensidades dos pixels dos histogramas das imagens.

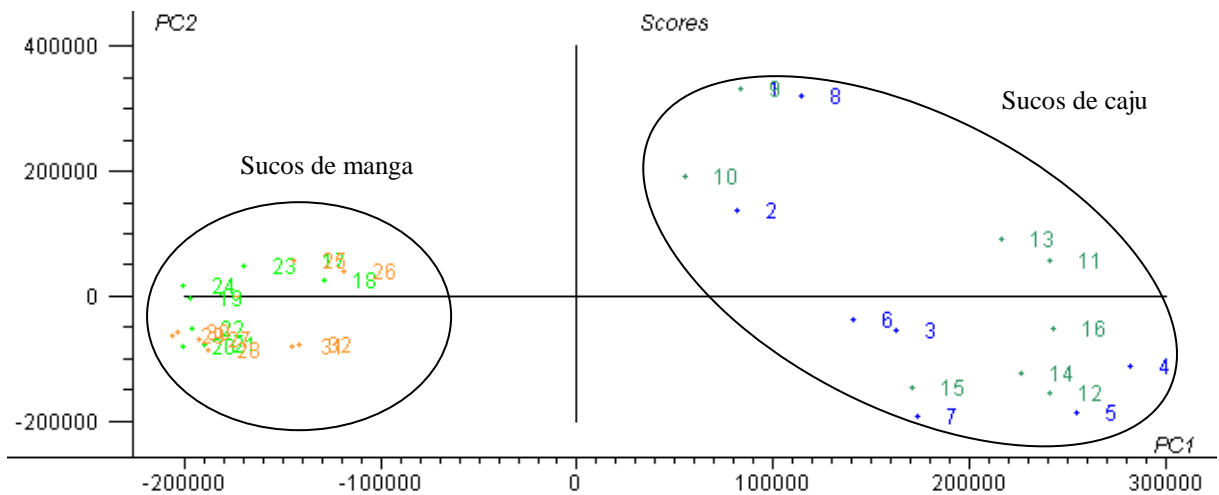
4.3.1 Investigação da intensidade dos pixels das imagens digitais

Com o objetivo de verificar se havia diferenças entre as amostras de suco abertas e fechadas, bem como de diferentes sabores de caju e manga, foi realizada uma análise de componentes principais empregando apenas como variáveis os pixels dos histogramas das imagens digitais.

4.3.2 Distinção das amostras de sucos de caju e manga

Foi realizada uma PCA usando como variáveis os histogramas das imagens dos quatro grupos de suco de caju amostra aberta (CA) e fechada (CF) e suco de manga amostra aberta (MA) e fechada (MF). Para agrupar as informações, quatro PCs foram necessárias ocorrendo a separação, das amostras pelo parâmetro cor nas regiões RGB, Escala de Cinzas e HSV, dos grupos de suco manga e de caju. Analisando a Figura 20, observa-se que PC_2 identifica a similaridade entre as amostras de cada tipo de suco, caju e manga, porém não conseguiu identificar os sucos abertos dos fechados de cada fruta. Conforme pode ser observado no gráfico 15, as amostras de 1-8, 9-16, 17-24, 25-32, correspondem aos grupos de suco caju aberto (em azul), caju fechado (em verde), manga aberto (em verde claro) e manga fechado (em laranja), respectivamente. Nos scores negativos de PC_1 encontra-se os sucos de caju e do lado contrário, os sucos de manga.

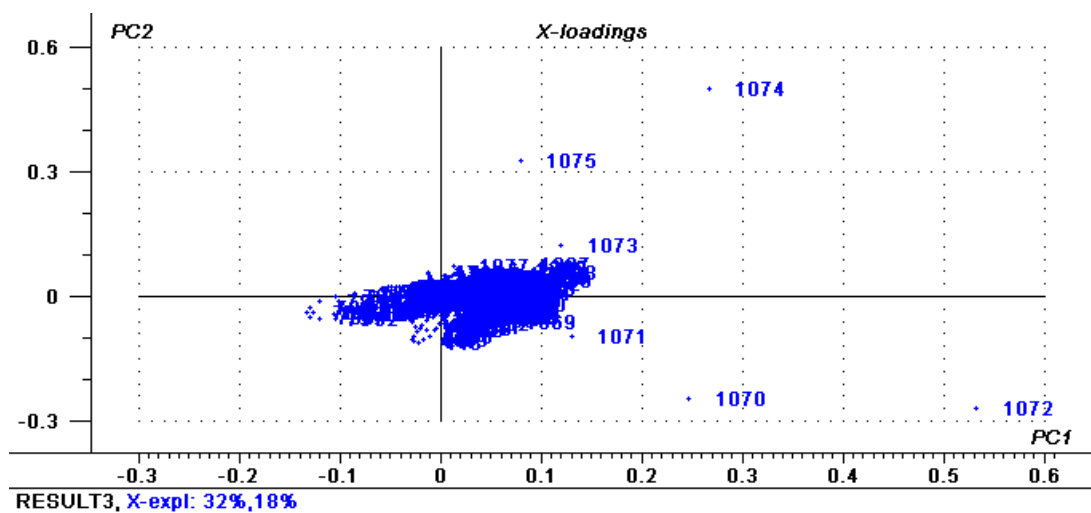
Figura 20 – Scores dos histogramas dos sucos de manga e caju



Fonte: Própria (2018)

A Figura 21 demonstra as variáveis determinadas para se fazer a precisão de PCA. Percebe-se que traçando PC₁ vs. PC₂, alguns pontos das variáveis não estão em conformidade com as demais, porém não interferem no resultado às amostras de sucos de caju e manga (abertos e fechados), pois retirando-os, as amostras apresentam similaridades com o que foi observado em scores.

Figura 21 – Gráfico de loadings dos histogramas dos sucos de manga e caju

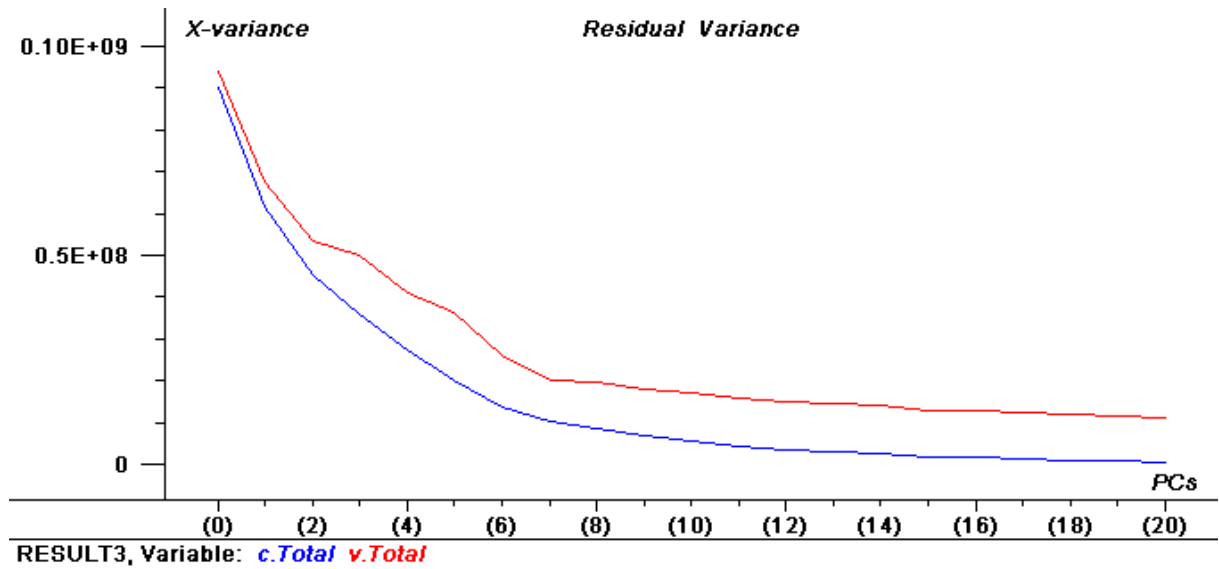


Fonte: Própria (2018)

Observando o número de possíveis PCs relevantes para essa análise, na Figura 22 é possível perceber que a variância residual fica nula a partir da PC₈, ou seja, a partir dessa PC, fazer a análise por componentes principais não mostrará informação útil, uma vez que foram

traçadas outras PCs a partir de da oitava e não apresentou nenhum agrupamentos em scores. Portanto, se obteve informação útil como as duas primeiras PCs para os sucos de manga e caju.

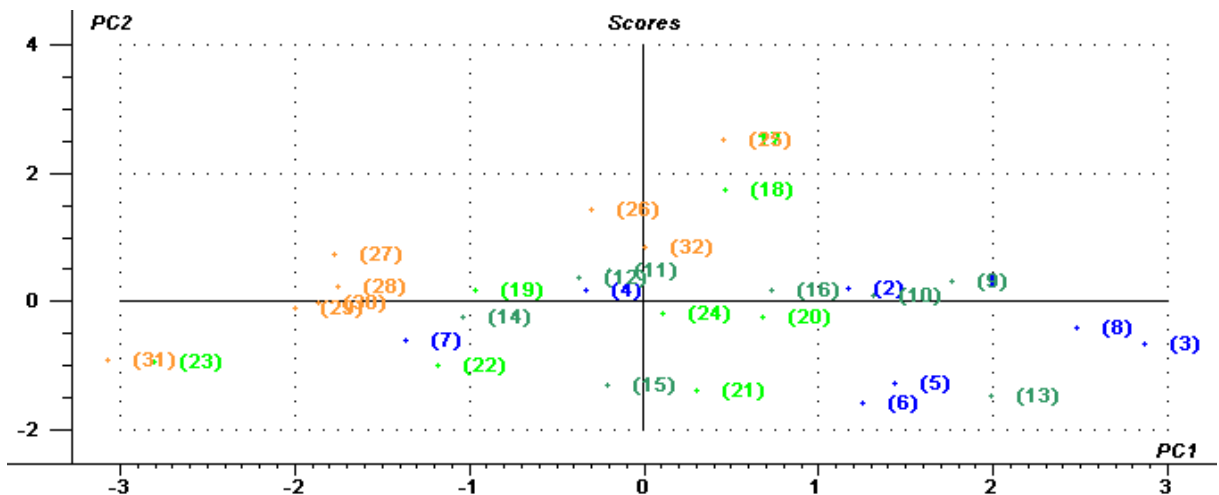
Figura 22 – Variância Residual dos histogramas dos sucos de manga e caju



Fonte: Própria (2018)

Uma análise por componentes principais também foi realizada com os espectros capturados em ultravioleta das amostras de suco de caju e manga, porém não foi possível observado a formação de nenhum agrupamento das amostras, representadas na Figura 23.

Figura 23 – Scores dos espectros obtidos na região UV dos sucos de manga e caju



Fonte: Própria (2018)

5 CONCLUSÃO

A espectroscopia na região do ultravioleta se mostrou como uma possível ferramenta de auxílio para a avaliação da composição da bebida pronta para beber. Os parâmetros físico-químicos apresentaram-se constantes com relação as amostras de suco de caju e de manga abertas e fechadas, porém tiveram certas diferenças em relação aos parâmetros padrões, os quais podem ter ocorrido por uma alteração de temperatura, exposição ao oxigênio ou exposição a luz. De acordo com os resultados obtidos, as metodologias propostas são consideradas viáveis para a utilização como ferramentas de auxílio na determinação da deterioração de bebidas prontas para beber, apresentando a vantagem de serem não destrutivas, rápidas, de baixo custo e não utilizarem reagentes químicos prejudiciais ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 14^a ed. Washington, 1984.

AROUCHA, E. M. M.; GOIS, V. A.; LEITE, R. H. L.; SANTOS, M. C. A. SOUZA, M. S. Acidez em frutas e hortaliças. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 2, p. 01-04, 2010.

BEEBE, K. R.; PELL, R. J.; SEASHOLT, M. B. **Chemometrics: a practical guide.**, John Wiley & Sons: New York, 1998.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. Regulamento Técnico para fixação dos padrões de Identidade Qualidade Gerais para o Suco Tropical e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília-DF. Ed. nº 174, p. 2-7, 9 de setembro de 2003.

BOBBIO, P. A, BOBBIO, F. O. Introdução à química de alimentos. 2^a ed. São Paulo: Varela; 1995.

BORGES, L. C. E.; MOZETO, A. A.; NEVES, E. F.; NETO, W. B.; BEZERRA, J. M. **Estudo da capacidade de complexação e sua relação com algumas variáveis ambientais em cinco represas do Rio Tietê/ Brasil**. *Quim. Nova*, Vol. 30, nº. 7, p.1505-1511, 2007.

CAMPELO, E.C de. S.; MARTINS, M.H.B.; CARVALHO, I.T. de. PEDROSA, E.M.R. Teores de vitamina “C” em polpas de acerola (*Malpighia glabra* L.) congeladas. Boletim do CEPPA, Curitiba, v.16, n.1, p.107-113, jan.-jun.1998.

CORRÊA NETO, R. S.; FARIA, J. A. F. Fatores que influenciam na qualidade do suco de laranja. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, v. 19, n. 1, p. 153-160, 1999.

DINIZ, P. H. G. D.; Novas estratégias para classificação simultânea do tipo e origem geográfica de chás. **Tese – João Pessoa**, 2013.

DOWNHAM, A; COLLINS, P. Colouring our foods in the last and next millennium. **Int J Food Sci Technol** 2000; 35 (1): 5-22.

FERNANDES et al. Comportamento reológico, parâmetros físico-químicos e dinâmica do congelamento da polpa de maracujá adicionada da sacarose e pectina. **Braz. J. Food Technol.**, VII BMCFB, Julho, 2009.

FERREIRA, E. C.; RODRIGUES, S. H. B. G.; FERREIRA, M. M. C.; NÓBREGA, J. A.; NOGUEIRA, A. R. A. **Análise exploratória dos teores de constituintes inorgânicos em sucos e refrigerantes de uva**. *Eclética Química*, v. 27, N° 77, 2002.

FORNARO, A.; COICHEV, N. **Ácido l-ascórbico: reações de complexação e de oxido-redução com alguns íons metálicos de transição**. Instituto de Química da Universidade de São Paulo, p. 2, 1997.

GARCIA, R. C. G.; SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; JOSINO, S. A., MORI, E. Qualidade microbiológica de sucos in natura comercializados na cidade de Juazeiro do Norte-CE. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, v. 06, n. 01: p. 665-670, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

JOLLIFFE, I. T. Principal component analysis. New York: Springer-verlag, p. 1-4, 1986.

KUSKOSKI, E. M; ASUERO, A. G; GARCÍA-PARILLA, M. C; TRONCOSO, A. M; FETT, R. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Cienc Tecnol Aliment** 2004; 24 (4): 691-3.

MAIA, G.A. Production and processing of tropical fruit juices from Brazil. In: **Annals of the 23rd IFU Symposium**, p. 128-139, Havana, 2000.

MATHWORKS, Makers of MATLAB and Simulink. Disponível em: <<http://www.mathworks.com/help/images/reducing-the-number-of-colors-in-an-image.html>>. Acesso em: 10 de maio de 2018.

NIJVELDT, R. J; VAN NOOD, E; VAN HOORN, D. E; BOELEN, P.G; VAN NORREN, K; VAN LEEUWEN, P. A. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **Am J Clin Nutr** 2001;74 (4) : 418-25.

OLIVEIRA, et al. Avaliação da qualidade físico-química de polpas de frutas congeladas na cidade de Mossoró – RN. *Revista Verde*, v.a, n.2, p 248-255, 2014.

PINHEIRO, et al. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. *Ciênc. Tecnol. Aliment*. Campinas 126 (1): 98-103, 2006.

PIRILLO, P. C.; SABIO, R. P. 100 % Suco – Nem tudo é suco nas bebidas de frutas. **Rev. Hortifruti Brasil**. Julho de 2009.

RIZZON, L. A.; MIELE, J. B. Características analíticas dos sucos de maçã gala, golden delicious e fuji. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos** Campinas, p. 753, 2005.

SANTOS, D.A.; MARÇO, P.H.; VALDERRAMA, P.; **Braz. J. Anal. Chem.** p. 495. Dezembro de 2013.

SCHIMIDT, F.; Desenvolvimento de um programa computacional para o tratamento de imagens digitalizadas e sua aplicação em Química Analítica. Dissertação (mestrado). Instituto de Química - Unicamp, Campinas, 1997.

SENTANDREU, E. et al. Effects of heat treatment conditions on fresh taste and on pectinmethylesterase activity of chilled mandarin and orange juices. **Food Sci. Technol. Int.**, v. 11, p. 217-222, 2005.

SILVA, F. V.; KAMOGAWA, M. Y.; FERREIRA, M. M. C.; NÓBREGA, J. A.; NOGUEIRA, A. R. A. **Discriminação geográfica de águas minerais do Estado de São Paulo através da análise exploratória.** *Eclética Química*, 27, 91, 2002.

SILVA, P. T. *et al.* Efeito da temperatura e do tempo de estocagem sobre o teor de ácido ascórbico e a estabilidade microbiológica de suco de laranja pêra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004. Recife. **Anais**. Recife, CBCTA, 2004. CD-ROOM.

SILVA, T. C. O.; Classificação de cervejas por análise de imagens e PCA. Dissertação (mestrado) – Goiânia, 2008.

SILVA, W. M.; SANTOS, F. R.; BATISTUTI, J. P. Validação de um novo método analítico para quantificação de ácido fólico por espectrofotometria-UV. **Alim. Nutr.- Braz. J. Food Nutr.**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 276, 2013.

SPÍNOLA, V. A. R. Novas Metodologias para a Determinação do Conteúdo de Ácido Ascórbico em Alimentos Frescos. - Dissertação (Mestrado). Funchal, setembro de 2011.

TANNENBAUM, S. R.; ARCHER, V. R.; YOUNG, M. C. Vitamins and minerals. In: FENEMA, O. R. (Ed). *Food Chemistry*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1985. p.488-493.

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação de vitamina C em suco de fruta. *Alimentação e Nutrição*, Araraquara. v.17, n.2, p.219-227, abr.-jun. 2006.