



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

RENIER FELINTO JULIÃO DA ROCHA

***FLAVOROMICS* DE GENÓTIPOS MELHORADOS DE MAMÃO GRUPO
SOLO: CORRELAÇÃO ENTRE O PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS E A
QUALIDADE SENSORIAL.**

FORTALEZA

2016

RENIER FELINTO JULIÃO DA ROCHA

FLAVOROMICS DE GENÓTIPOS MELHORADOS DE MAMÃO GRUPO SOLO: CORRELAÇÃO ENTRE O PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS E A QUALIDADE SENSORIAL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará – UFC, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Análise de voláteis e Análise Sensorial.

Orientadora: Dr.^a Deborah dos Santos Garruti.

Co-orientadora: Dr.^a Sílvia Maria de Freitas.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- R576f Rocha, Renier Felinto Julião da.
Flavoromics de genótipos melhorados de mamão grupo solo: correlação entre o perfil de compostos voláteis e a qualidade sensorial / Renier Felinto Julião da Rocha. – 2016.
79 f. : il., color.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2016.
Área de Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos.
Orientação: Profa. Dra. Deborah dos Santos Garruti.
Coorientação: Profa. Dra. Sílvia Maria de Freitas.
1. Mamão. 2. Genótipos. 3. Qualidade sensorial. 4. estatística multivariada. I. Título.

RENIER FELINTO JULIÃO DA ROCHA

FLAVOROMICS DE GENÓTIPOS MELHORADOS DE MAMÃO GRUPO SOLO: CORRELAÇÃO ENTRE O PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS E A QUALIDADE SENSORIAL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará – UFC, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Análise de voláteis e Análise Sensorial.

Aprovado em: 21/03/2016.

BANCA EXAMINADORA

Deborah S. Garruti

Dr^a. Deborah dos Santos Garruti (Orientadora)
Embrapa Agroindústria Tropical – CNPAT

Silvia Maria de Freitas

Prof.^a Dr^a. Sílvia Maria de Freitas (Co-orientadora)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Ana Paula Dionísio

Dr^a. Ana Paula Dionísio
Embrapa Agroindústria Tropical – CNPAT

Ídila Maria da Silva Araújo

Dr^a. Ídila Maria da Silva Araújo
Embrapa Agroindústria Tropical – CNPAT

Luciléia Barros de Vasconcelos Torres

Prof.^a Dr^a. Luciléia Barros de Vasconcelos Torres
Universidade Federal do Ceará – UFC

A Deus.
À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me guiado nessa jornada de vida acadêmica.

À minha mãe Maria Helena, às minhas tias Maria Iracema e Maria José, que, na ausência do meu pai, me ofertaram uma educação de qualidade e sempre buscaram o melhor para minha vida.

À minha avó Antônia de Oliveira (*in memoriam*), pelo carinho, amor, cuidado, paciência e ensinamentos para a vida.

Às minhas irmãs Cristiane de Oliveira e Ana Aparecida, pelos incentivos.

À Dr^a. Deborah dos Santos Garruti, por ter me ensinado o mundo que compreende os compostos voláteis e sua relação com a ciência sensorial. Além disso, posso dizer que foi mais do que orientadora, foi também amiga e um exemplo de profissional, sobre tudo pela pessoa humana (guardarei para sempre os seus ensinamentos).

À Dr^a. Ídila Maria da Silva Araújo pela amizade, auxílio na elaboração da dissertação e imprescindível ajuda na utilização do Laboratório de Análise de Alimentos.

Ao Hilton César, pelas dicas, conversas e as análises cromatográficas conduzidas no Laboratório de Análise de Alimentos.

À Dr^a. Tigressa Helena Soares Rodrigues, pelas análises realizadas no Laboratório Multiusuário de Química de Produtos Naturais.

Aos membros da banca examinadora, pela atenção e pertinentes correções.

À Professora Dr^a. Maria do Carmo Passos Rodrigues, por ter me ensinado o mundo da ciência sensorial, pelos ensinamentos de docência e pela pessoa digna e profissional que representa.

À Professora Dr^a. Sílvia Maria de Freitas pelos conselhos e co-orientação na análise estatística multivariada.

Aos amigos Marina Rebouças, Vanderson, Tatiana, Afra e Bruno Bunier do Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal do Ceará, pelas trocas de conhecimentos e momentos de descontração.

Às colegas Flávia Azevedo, Darline Targino, Carol Moreira, Carol Nobre, Áfia Suely, Wivian de Sousa e Alyne Barroso do Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa, pelos estudos conjuntos, dicas, conversas e ajuda.

Aos colegas do Laboratório de Bioprocessos da Embrapa Natália Moura, Natália Lima, Thaís Brito, Genilton, Rakel Hina, Cívita Sousa, pelos momentos de descontrações nos lanches e comemorações.

Aos amigos Eric Tobaruela e Victor Castro, pelos incentivos e trocas de conhecimentos.

Aos amigos Michel Barros, Roberta Rochelly, Carlos Jorge, Dayanne, Marcelo, Tony, Diana e Denise, pelos momentos de lazer compartilhados e suas amizades.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará.

A CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado.

A todas as pessoas, que de uma forma ou de outra, contribuíram para a execução deste trabalho.

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria aprende-se é com a vida e com os humildes.”

Cora Coralina

RESUMO

As variedades do mamão grupo Solo são susceptíveis a várias doenças que restringem o mercado dos frutos in natura. A Embrapa vem desenvolvendo genótipos resistentes buscando características agronômicas e sensoriais desejáveis. Assim, objetivou-se caracterizar o perfil de voláteis, compostos responsáveis pelo aroma e sabor dos alimentos, e a qualidade sensorial de genótipos do grupo Solo, visando identificar novos cultivares com potencial para lançamento no mercado. Foram analisados quatro genótipos melhorados (CPMF L47-P8, CPMF L60-08, CPMF L47-P5 e CPMF H54-78) e uma variedade comercial (Sunrise). Para tanto, as condições de extração dos compostos pela técnica HS-SPME foram otimizadas usando um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), baseado em Metodologia de Superfície de Resposta, com duas variáveis: tempo de equilíbrio (0 a 30 min) e tempo de exposição da fibra (20 a 60 min). As variáveis dependentes foram número de picos, área total e intensidade do aroma. Os voláteis foram extraídos com a fibra DVB/CAR/PDMS, separados e identificados por GC-MS. A análise sensorial foi realizada com consumidores de mamão, por meio de testes afetivos de aceitação global e aparência, diagnóstico de atributos (cor da polpa, aroma, sabor e textura) e intenção de compra. Os dados das análises de compostos voláteis foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Agrupamento Hierárquico (*clusters*), e os da análise sensorial foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey. As duas matrizes de dados foram correlacionadas pela Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS). As melhores condições para a extração dos voláteis do mamão por HS-SPME foram 15 min de equilíbrio e 60 min de exposição da fibra. Nessas condições foram identificados 70 compostos voláteis, sendo os aldeídos os mais abundantes (em área), seguidos dos terpenos, ésteres, álcoois e lactonas. Os genótipos CPMF L60-08 e CPMF L47-P5 apresentaram perfis de voláteis semelhantes entre si e à variedade Sunrise, mas os genótipos CPMF H54-78 e CPMF L47-P8 apresentaram perfis de voláteis únicos. Quanto às características sensoriais, os genótipos CPMF L47-P8 e CPMF L47-P5 apresentaram-se semelhantes entre si, com textura mais firme e menor intensidade da cor da polpa, aroma e sabor que Sunrise, com menor aceitabilidade. O genótipo CPMF H54-78 apresentou boas características sensoriais na degustação, porém foi rejeitado quanto à aparência externa. O genótipo CPMF L60-08 apresentou alta similaridade com a variedade comercial e mesma aceitabilidade, apesar da cor da polpa menos intensa. Os resultados da correlação multivariada confirmam a superioridade do genótipo CPMF L60-08, o qual apresentou alta correlação com a variedade Sunrise e com os atributos sensoriais. O presente trabalho recomenda o genótipo CPMF L60-08 como o promissor para substituir a variedade Sunrise (não resistente a pragas e doenças), preservando o sabor e aroma característico de mamão.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., HS-SPME, aceitação, diagnóstico de atributos, estatística multivariada.

ABSTRACT

The varieties of the papaya Solo group are susceptible to various diseases that restrict the market of fruits. Embrapa has been developing resistant genotypes seeking agronomic and sensory characteristics that are desirable. The objective of this study was to characterize the volatile profile, compounds that are responsible for the aroma and flavor of foods, as well as the sensory quality of the Solo group genotypes, in order to identify new cultivars with a potential for market launch. Four improved genotypes were analyzed (CPMF L47-P8, CPMF L60-08, CPMF L47-P5 and CPMF H54-78) and a commercial variety (Sunrise) as well. Initially, the extraction conditions of the compounds by the HS-SPME technique were optimized using the rotational central composite design, (RCCD), based on the Response Surface Methodology (RSM) with two variables: equilibrium time (0-30 min) and time fiber exposure (20 to 60 min). The dependents variables were the number of the peaks, total area and the aroma intensity. The volatiles were extracted with the DVB/CAR/PDMS fiber, duly separated and identified by the GC-MS. Sensory analysis was performed with papaya consumers, using the affective tests global acceptance, appearance acceptance, diagnose attributes (pulp color, aroma, flavor, texture) and purchase intent. The volatile compounds data were subjected to the Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (clusters). The sensory data were submitted to ANOVA and Tukey's test. The two data matrixes were correlated through the Partial Least-Squares regression (PLS). The best conditions for the extraction of papaya volatile compounds by HS-SPME were 15 min of equilibrium and 60 min of fiber exposure. Altogether, 70 (seventy) volatile compounds were identified, being the aldehydes the most abundant (in area), followed by the terpenes, esters, alcohols and lactones. The genotypes CPMF L60-08 and CPMF L47-P5 showed volatile profiles similar to each other and the variety Sunrise as well. However, the genotypes CPMF H54-78 and CPMF L47-P8 presented unique volatile profiles. As for the sensory characteristics, the genotypes CPMF L47-P8 and CPMF L47-P5 were similar between themselves, with a firmer texture and with less color intensity in the pulp, aroma and flavor than Sunrise, with a lower acceptability. The CPMF H54-78 genotype showed good sensory characteristics in the tastings, nevertheless, it was rejected in the external appearance. The CPMF H54-78 genotype showed good sensory characteristics in tasting; nevertheless, it was rejected in the external appearance. The CPMF L60-08 genotype showed a high similarity with the commercial variety and the same acceptance, despite the pulp color be less intense. The results of the multivariate correlation confirmed the superiority of the CPMF L60-08 genotype, which showed a high correlation with the variety Sunrise and the sensory attributes. This study recommends the CPMF L60-08 genotype as a promising replacement for the variety Sunrise (not resistant to pests and diseases), thus, preserving the characteristic papaya aroma and flavor.

Keywords: *Carica papaya* L., HS-SPME, acceptance, attributes, multivariate statistics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Captura e dessorção de voláteis com o uso da técnica de SPME do headspace.....	26
Figura 2 – Genótipos de mamão do grupo Solo.	35
Figura 3 – Representação da extração dos compostos voláteis da polpa de mamão pela técnica de microextração em fase sólida do <i>headspace</i> (HS-SPME).....	37
Figura 4 – Avaliação da aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.	40
Figura 5 – Ficha da avaliação sensorial da aparência dos genótipos de mamão.	40
Figura 6 – Degustação dos frutos para avaliação sensorial.	42
Figura 7 –Ficha para avaliação sensorial dos frutos	42
Figura 8 – Superfície de resposta e curvas de contorno para número de picos cromatográficos obtidos a partir do HS-SPME da polpa de mamão em função do tempo de equilíbrio e do tempo de exposição.	49
Figura 9 – Superfície de resposta e curvas de contorno para área total cromatográfica obtida a partir do HS-SPME da polpa de mamão em função do tempo de equilíbrio e do tempo de exposição	50
Figura 10 – Superfície de resposta e curvas de contorno para a intensidade do aroma de mamão obtidos a partir do HS-SPME da polpa de mamão em função do tempo de equilíbrio e do tempo de exposição.	52
Figura 11 – Área dos picos cromatográficos por classe química em genótipos de mamão, grupo Solo.	56
Figura 12 –Dendrograma da análise de <i>Cluster</i> de genótipos de mamão grupo Solo.	58
Figura 13 –Análise de Componente Principal dos compostos voláteis em genótipos de mamão, grupo Solo, por HS-SPME. (A). Gráfico dos pesos (compostos voláteis)das componentes principais F1 e F2 da ACP. (B). Gráficos dos escores (genótipos)das componentes principais F1 e F2da ACP.	60
Figura 14 – Perfil sensorial dos genótipos de mamão grupo Solo.....	64

Figura 15 – Atitude de compra dos consumidores para aparência externa, aparência interna e na degustação dos genótipos de mamão.	65
Figura 16 – PLSR dos compostos voláteis em genótipos de mamão, grupo Solo, por HS-SPME. (A). Gráfico da correlação dos vetores obtidos pelo modelo de PLSR. (B). Gráfico dos escores obtido pelo modelo de PLSR.....	67

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Variáveis e níveis experimentais utilizados na otimização das condições de extração dos compostos voláteis dos genótipos de mamoeiro por SPME 38
- Tabela 2** – Planejamento experimental e respostas do DCCR utilizado para otimizar as condições de extração dos compostos voláteis da polpa de mamão por HS-SPME 47
- Tabela 3** – Efeitos estimados para as variáveis número de picos, área total do cromatograma e intensidade de aroma 47
- Tabela 4** – Análise de variância para a variável número de picos da otimização das condições de extração dos compostos voláteis da polpa de mamão por HS-SPME 48
- Tabela 5** – Análise de variância do modelo ajustado para a variável área total dos picos cromatográficos da otimização das condições de extração dos compostos voláteis da polpa de mamão por HS-SPME. 49
- Tabela 6** – Análise de variância para a variável Intensidade do aroma de mamão do extrato para a otimização das condições de extração dos compostos voláteis da polpa de mamão por HS-SPME 51
- Tabela 7** – Composto voláteis identificados em genótipos de mamão, grupo Solo, por SPME 53
- Tabela 8** – Percentual de área dos picos cromatográficos por classe química em genótipos de mamão, grupo Solo 55
- Tabela 9** – Autovalores e percentual acumulados das componentes principais. 59
- Tabela 10** – Médias hedônicas e Índice de Aceitação (IA) da aparência externa e interna de genótipos de mamão grupo Solo 62
- Tabela 11** – Médias da aceitação global, Índice de Aceitação (IA) e intensidade dos atributos sensoriais dos genótipos de mamão do grupo Solo. 64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo Geral	18
2.2. Objetivos Específicos	18
3. REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1. A cultura do Mamoeiro	19
3.2. Compostos Voláteis	21
3.2.1. Métodos de isolamento dos compostos voláteis.....	22
3.2.2. Separação e identificação dos compostos voláteis.....	27
3.3. Compostos Voláteis do Mamão	29
3.4. Ciência Sensorial	32
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1. Genótipos de Mamão	35
4.2. Análise dos Compostos Voláteis	36
4.2.1. Análise de voláteis usando HS-SPME	36
4.2.2. Otimização das condições de extração	37
4.2.3. Separação e identificação dos compostos voláteis.....	38
4.3. Análise Sensorial	39
4.3.1. Aceitação da aparência	39
4.3.2. Aceitação global e diagnósticos de atributos	41
4.4. Análises estatísticas.....	43
4.4.1. Otimização das condições de extração dos voláteis.....	43
4.4.2. Análise sensorial.....	43
4.4.3. Análise de componentes principais (ACP)	44
4.4.4. Análise de agrupamento hierárquico (<i>Cluster Analysis</i>)	44
4.4.5. Regressão por mínimos quadrados parciais (PLS).....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1. Otimização das Condições de Extração dos Voláteis de Mamão pela Técnica de HS-SPME	46
5.1.1. Variável dependente número de picos.....	48
5.1.2. Variável dependente área total	49

5.1.3. Variável dependente intensidade de aroma.....	50
5.2. Compostos voláteis dos genótipos de mamão do grupo Solo.....	52
5.2.1. Agrupamento hierárquico (<i>Cluster Analysis</i>) dos genótipos de mamão grupo Solo quanto ao perfil de compostos voláteis	57
5.2.2. Análise de componentes principais (ACP) do perfil de compostos voláteis	58
5.3. Avaliação da Qualidade Sensorial	61
5.4. Correlação entre os compostos voláteis com análise sensorial	65
6. CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	79

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é uma frutífera herbácea nativa do noroeste da América do Sul, difundida e consumida principalmente nas regiões tropicais (SERRANO e CATTANEO, 2010). Segundo a FAO (2014), os maiores produtores mundiais dessa cultura são Índia, Brasil, Indonésia, República Dominicana e Nigéria. Em 2013, o Brasil apresentou uma produção de 1,6 milhões de toneladas, com destaque para os Estados da Bahia (718.726 t), Espírito Santo (404.720 t), Minas Gerais (126,849 t), Ceará (118.372 t) e Rio Grande do Norte (69.925 t) (IBGE, 2013).

O mamão apresenta rica composição de açúcares, minerais, carotenoides e vitamina C, além de características de cor, aroma, sabor e textura apreciáveis, mas que podem variar em função da variedade, clima, solo e tratos culturais (CHANDRIKA et al., 2003). É consumido na forma in natura ou utilizado no processamento de doces e bebidas. Devido às suas características nutricionais e variada aplicabilidade, o mamão tem alcançado relevante importância socioeconômica e atingindo um dos maiores patamares de consumo entre as frutíferas mais produzidas no mundo (MARTINS, 2005).

No Brasil, as variedades de mamoeiro mais cultivadas comercialmente pertencem aos grupos Formosa e Solo, sendo este último destinado tanto para o mercado interno quanto para o externo. As variedades do grupo Solo são principalmente preferidas para o mercado de exportação, por produzirem frutos de menor tamanho, de polpa espessa e coloração vermelho-alaranjado (DANTAS e OLIVEIRA, 2009; SERRANO e CATTANEO, 2010; RUGGIERO et al., 2011)

As doenças e pragas são preocupantes para produtores, processadores, comerciantes e consumidores porque reduzem a produção e afetam a qualidade do produto (OLIVEIRA e SANTOS FILHO, 2000; SARAIVA et al., 2006; COSTA, 2012). O mamão é susceptível a várias doenças, como por exemplo, a mancha anelar, meleira, varíola ou pinta preta, podridão-do-pé e antracnose (RODRIGUES et al., 2009; AZAD et al., 2014; KIMATI et al., 2015), que podem restringir seu mercado in natura e dos seus produtos processados.

Além das doenças, os produtores dispõem de poucas cultivares de mamoeiro para plantio, o que limita a obtenção de alta produtividade e a oferta de frutos com características biométricas, físico-químicas e sensoriais distintas que possam atender a novos mercados. Dessa forma, a sustentabilidade e expansão da cultura dependem do desenvolvimento de genótipos com características superiores, resistentes a pragas e doenças, e tolerantes à seca, para solução dessa problemática (OLIVEIRA et al., 2010; DIAS et al., 2011).

Atualmente, 241 acessos de mamoeiro estão depositados no Banco Ativo de Germosplasma (BAG) de mamoeiro da Embrapa Mandioca, e Fruticultura, e desde 1995, a instituição vem focando em pesquisas para o desenvolvimento de variedades com características desejáveis como resistência a pragas e doenças, alta produtividade, polpa com alto teor de sólidos solúveis e qualidade pós-colheita tanto para o consumo in natura como para o processamento (RUGGIERO et al., 2011).

Considerando que o desenvolvimento de novas cultivares demanda anos de pesquisa até sua disponibilização para a sociedade e, que quando lançadas, nem sempre são bem aceitas pelos produtores e consumidores, a realização de pesquisas na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, que complementem e apoiem o programa de melhoramento genético de mamoeiro da Embrapa, tornam-se de grande importância.

Segundo Franco e Janzantti (2004), a aceitação e preferência de um produto alimentício estão intrinsecamente relacionada com o seu sabor (*flavor*), que é uma resposta integrada das sensações do gosto e aroma. O gosto é conferido por compostos não voláteis presentes nos alimentos, tais como açúcares, sais, limonina e ácidos, causando as sensações descritas como doce, salgado, amargo, ácido e umami. Já a percepção do aroma é devido à presença de substâncias voláteis, de diferentes classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas e que determinam o sabor característico e aceitação dos alimentos (BADWIN, 2002; FRANCO e JANZANTTI, 2004).

Produtos de frutas tropicais com alta qualidade de aroma e sabor apresentam maior valor agregado e maior aceitação pelo consumidor. Os componentes voláteis de mamão têm sido extensivamente investigados por diversos autores, levando à identificação de mais de 300 voláteis (WITHOPF et

al., 1997). Dentre estes constituintes, linalol, isotiocianato de benzila, butanoato de metila e butanoato de etila foram considerados os mais abundantes. Entretanto, estudos revelam que a composição de voláteis em frutas tropicais varia consideravelmente, dependendo da cultivar e/ou região de produção do fruto (PINO et al., 2003; FUGATTE et al., 2010).

Nesse contexto, tem avançado pesquisas que baseiam-se na abordagem de métodos analítico *untargeted* que permite investigar os compostos orgânicos voláteis dos alimentos correlacionando-os com a sua qualidade sensorial (REINECCIUS, 2008). Dentre esses métodos temos a *Flavoromics*, que envolve estudos relacionados a química do sabor (*flavor chemistry*), sendo derivado das modernas disciplinas-ômicas que lidam com alimento (*foodomics*, metabolômica do sabor e *sensomics*) (CHARVE et al., 2011; De VOS et al., 1994; KIEFL, 2013).

Assim, para prospecção de novas variedades de mamoeiro melhoradas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, são necessários estudos aprofundados visando conhecer o perfil dos compostos voláteis e sua correlação com as características sensoriais. Não menos importante é a consolidação deste tipo de estudo como uma ferramenta que deve permear o melhoramento genético do mamoeiro desde o início, o que certamente trará mudanças significativas nos resultados alcançados pelo programa.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o perfil de compostos voláteis e a qualidade sensorial de quatro genótipos de mamoeiro do grupo Solo, provenientes do programa de melhoramento genético da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) visando identificar novos cultivares com potencial para lançamento no mercado.

2.2. Objetivos Específicos

- Otimizar as condições de extração dos compostos voláteis da polpa do mamão pela técnica HS-SPME (microextração em fase sólida a partir do *headspace*), quanto as variáveis tempo de equilíbrio e exposição da fibra;
- Caracterizar os genótipos de mamão melhorados quanto ao seu perfil de compostos voláteis e comparar, a partir de métodos estatísticos multivariados, com a variedade de mamão Solo Sunrise, líder de mercado;
- Caracterizar os genótipos de mamão melhorados quanto a seus atributos sensoriais e comparar com a variedade de mamão Solo Sunrise, líder de mercado;
- Correlacionar, a partir de método estatístico multivariado, o perfil de compostos voláteis dos genótipos de mamão com os atributos sensoriais de aroma, sabor e aceitação global.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A cultura do Mamoeiro

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é originário do continente americano e encontra-se difundido e consumido em várias regiões tropicais e subtropicais no mundo (MANSHARDT, 1992; SERRANO e CATTANEO, 2010). Trata-se de uma cultura de importância expressiva para o Brasil, cuja produção foi de 1,6 milhões de toneladas em 2013, participando com 10% do mercado mundial de frutas tropicais (FAO, 2014). A Bahia destaca-se como o maior produtor nacional de mamão (718.726 t), seguido pelos estados do Espírito Santo (404.720 t), Minas Gerais (126,849 t), Ceará (118.372 t) e Rio Grande do Norte (69.925 t) (IBGE, 2013).

Os frutos do mamoeiro destacam-se por seu elevado valor nutritivo (CHANDRIKA et al., 2003) e, em geral, quando maduros, tem casca lisa, amarela ou alaranjada (RIGOTTO, 2014). Dependendo da cultivar, apresentam formato arredondado a ligeiramente oval, polpa do fruto com espessura de 1,5 a 4,0 cm e coloração variando do amarelo-pálido ao vermelho. Quanto ao tamanho, variam de 7 cm a 30 cm de comprimento, com pesos entre 250 g a 3000 g (RIGOTTO, 2014).

Segundo Rigotto (2014), as variedades de mamoeiros mais exploradas no Brasil pertencem aos grupos Solo e Formosa. O grupo Solo também conhecido como “mamão Havaí” e/ou “*papaya*”; apresenta frutos de ótimo sabor e tamanho pequeno. Foi introduzido inicialmente no Havaí, onde foi batizado com o nome de Solo por agricultores porto-riquenhos da Estação Experimental de Agricultura do Havaí para indicar que o fruto era pequeno o suficiente para alimentar uma pessoa (NAKASONE, 1988). Somente no ano de 1977 o grupo Solo foi introduzido no Brasil (GIACOMETTI e FERREIRA, 1988) e hoje vem apresentando grande participação no mercado interno e externo de frutas (DANTAS e OLIVEIRA, 2009).

Dentro do grupo Solo, podem-se destacar as cultivares Sunrise Solo, Golden, Improved Sunrise Solo Line 72/12, Waimanalo e Baixinho de Santa Amália, sendo as duas primeiras as mais comercializadas (RIGOTTO, 2014). A Sunrise Solo, conhecida como mamão Havaí, Papaya ou Amazônia apresenta características apreciáveis pelo consumidor como formato pequeno (forma de pera), peso médio de 500 g, aparência da casca lisa e firme, polpa vermelha-alaranjada e bom sabor, porém pouco consistente, o que tem limitado à expansão para mercados mais distantes, devido à reduzida resistência ao transporte e ao reduzido período pós-colheita (LUNA, 1986; MARIN et al., 2000).

A cultivar Golden ou Sunrise Golden é proveniente do melhoramento genético de plantas Sunrise Solo (MARTINS e COSTA, 2003). Destaca-se por apresentar maior resistência ao transporte e maior vida de prateleira, contudo apresenta menor teor de sólidos solúveis, quando comparada com as demais cultivares do grupo, o que lhe confere um sabor menos doce e de menor aceitação (MARIN et al., 2000).

A Improved Sunrise Solo Line 72/12 é oriunda do Havaí (EUA), também descendente da variedade Sunrise Solo (ALVES et al., 1996). Seus frutos apresentam polpa vermelha-alaranjada, espessa, de boa qualidade e boa resistência ao transporte e aos tratos pós-colheita (MARIN et al., 2000). A variedade Waimanalo produz frutos destinados ao mercado interno, de formato arredondado e grande, polpa espessa e firme, de coloração laranja-amarelada, alto teor de açúcares e bom sabor (MEDINA, 1989). Já a cultivar Baixinho de Santa Amália possui origem provavelmente da mutação somática da cultivar Sunrise Solo. Seus frutos são maiores (média de 550 g) em relação às cultivares mencionada anteriormente, com polpa vermelho-alaranjada, porém pouco firme, o que limita a aceitação tanto no mercado interno quanto externo (MARIN et al., 1995; MARIN et al., 2000).

Em 1995, o Programa de Melhoramento Genético do Mamoeiro, da Embrapa Mandioca e Fruticultura, iniciaram ações visando explorar a variabilidade genética da espécie *Carica papaya* L. para obtenção e recomendação de linhagens ou híbridos adaptados às condições edafoclimáticas das principais regiões produtoras, tolerantes e/ou resistentes às viroses, fungos, pragas e com características físico-químicas e agrônômicas

desejáveis. Nessa perspectiva, nos últimos anos, o Programa vem lançando novas linhagens com perfil mais próximo ao exigido pelo mercado consumidor. Dentre elas destacam-se: CPMF L47-P5 e CPMF L47-P8, ambas linhagens do grupo Solo de origem brasileira e obtidas por autofecundações na Embrapa Mandioca e Fruticultura. Essas linhagens são resistentes à varíola (*Asperisporium caricae*), apresentam frutos com boa firmeza e de formato ovóide. Diferem apenas na coloração da polpa, em que a CPMF L47-P5 possui polpa amarela e a CPMF L47-P8 vermelho-alaranjada (SILVA, 2014).

3.2. Compostos Voláteis

Os compostos voláteis são responsáveis pela formação do aroma e sabor característico de um alimento, exercendo grande influência sobre a qualidade sensorial do produto (DA SILVA e CENDES, 2007). A percepção desses atributos sensoriais acontece quando compostos voláteis são liberados de uma matriz alimentícia alcançando os receptores olfativos humanos localizados na mucosa olfatória nasal (FRANCO e JANZANTTI, 2004). A percepção do sabor surge da resposta integrada às sensações olfativa e gustativa (gosto ácido, amargo, doce, salgado e umami) e às sensações bucais (*feeling factor*) percebidas na boca pelas terminações nervosas do nervo trigeminal. Dessa forma, com o conhecimento desses componentes voláteis associado às ferramentas sensoriais é possível selecionar compostos importantes ligados a essa qualidade (FERRÃO, 2012).

O estudo de compostos voláteis compreende basicamente quatro etapas fundamentais: isolamento dos compostos voláteis, separação por análise cromatográfica gasosa, identificação dos analitos por espectrometria de massas, análise sensorial e relação com a composição química (FRANCO e JANZANTTI, 2004). Este segmento de pesquisa tem auxiliado na seleção de cultivares, tratos pré e pós-colheita, beneficiamento dos frutos e identificação daquelas que ainda não foram exploradas neste quesito (WELDEGERGIS et al., 2010; FERRÃO, 2012; GALVÃO et al., 2011).

As pesquisas que envolvem a química do sabor (*flavor chemistry*) são consideradas por natureza um fenômeno complexo resultante de múltiplas sensações sensoriais (olfativa, gustativa e trigeminal). E tem sido denominada recentemente, como *Flavoromics* (REINECCIUS, 2008).

Flavoromics deriva dos campos de estudo com as modernas disciplinas -ômicas que lidam com alimento (*foodomics*, metabolômica do sabor e *sensomics*) (CHARVE et al., 2011; De VOS et al., 1994; KIEFL, 2013). Seu princípio baseia-se na abordagem de um método analítico *untargeted* que permite investigar os compostos orgânicos voláteis dos alimentos e correlacioná-los com a qualidade sensorial usando as técnicas quimiométricas, ou seja, os dados são tratados por estatísticas multivariadas (REINECCIUS, 2008).

3.2.1. Métodos de isolamento dos compostos voláteis

No procedimento para a análise de voláteis o isolamento dos compostos voláteis, dos não voláteis é a etapa inicial da análise do aroma e sabor dos alimentos. Essa etapa é crucial, devendo ser realizada com muito cuidado, a fim de eliminar os interferentes que possam alterar o aroma original do produto em estudo.

Existem duas abordagens para o isolamento dos compostos voláteis, a Análise Total, que compreende uma análise de todos os compostos voláteis presentes no alimento, e a análise do *Headspace* (HS) da amostra, que envolve apenas a análise da fase gasosa em equilíbrio com a fase líquida ou sólida da amostra (FRANCO e JANZANTTI, 2004).

Na Análise Total, a extração dos compostos voláteis é realizada frequentemente pelo emprego da unidade de destilação-extração simultânea, desenvolvida por Nickerson e Likens (1966), que proporcionou o uso de solventes orgânicos em pequenas quantidades, reduzindo a possibilidade de introdução de artefatos e o tempo total de análise para uma hora. Nessa abordagem é possível aplicar as técnicas de extração líquido-líquido, destilação por vapor, extração em fase sólida (do inglês *Solid Phase Extration* – SPE) e

extração direta por microextração em fase sólida (do inglês *Solid Phase Micro Extraction* – SPME) (FRANCO e JANZANTTI, 2004).

O isolamento líquido-líquido envolve a partição do analito entre uma fase aquosa e um solvente orgânico imiscível em água, contudo apresenta várias desvantagens, pois possui baixa sensibilidade, possibilidade de formação de emulsão e até mesmo extração de compostos não voláteis (FERNANDEZ et al., 2001; VENDRAMINI e TRUGO, 2000).

Na extração SPE, o extrato contendo os compostos voláteis é aplicado a uma coluna cromatográfica ou a um cartucho com agente adsorvente, geralmente de fase reversa, apolar. Os compostos orgânicos que, geralmente, apresentam regiões apolares em suas moléculas, são adsorvidos na fase estacionária e os componentes polares, como açúcares, não são retidos; e os compostos de interesse eluídos com um solvente adequado (FISHER et al., 1995).

O SPE tem sido aplicado nos últimos anos, principalmente para análise de voláteis de bebidas alcoólicas (WADA e SHIBAMOTO, 1997) e na análise de aromas de frutas (FISHER et al., 1995), principalmente quando outras técnicas falham na obtenção do aroma característico, porque faltam notas pesadas ao aroma do extrato. No entanto, por ser um método aplicado diretamente à amostra, é considerado um método “sujo” em análise de voláteis, porque alguns componentes não voláteis podem ainda ser eluídos juntos com os compostos voláteis, contaminando, ou se degradando no injetor do cromatógrafo, dando origem a artefatos (compostos inexistentes na constituição original).

Arthur e Pawliszyn (1990) desenvolveram uma nova técnica chamada de microextração em fase sólida (SPME), em que é utilizada fibra de sílica fundida, recoberta com uma fase líquida similar à fase estacionária de uma coluna capilar. Esse método envolve dois processos: a partição dos compostos entre a fase estacionária da fibra e a amostra, e a dessorção térmica dos compostos no injetor do cromatógrafo (IBÁÑEZ et al., 1998). Em suma, a fibra recoberta é exposta diretamente nas amostras aquosas, mantida a uma determinada temperatura e sob agitação, com condições cuidadosamente padronizadas e posteriormente inserida no injetor do cromatógrafo gasoso (equipado com um injetor apropriado), onde os compostos serão liberados por dessorção térmica.

Basicamente, o sistema inicial de SPME consistia de uma seringa Hamilton, cujo embolo foi substituído por uma fibra de sílica fundida (IBÁÑEZ et al., 1998). Atualmente, encontram-se sistemas comerciais já prontos, com fibras disponíveis de diferentes fases estacionárias com variadas espessuras. O material que recobre a parte exibível da fibra apresenta natureza química semelhante à dos recheios de colunas cromatográficas (Ex.: polidimetilsiloxano – PDMS, poliacrilato – PA, carbowax – CW, carboxen – CAR, divinibenzeno – DVB, Carbowax-resina modelada – TR). Esse filme age como uma esponja, concentrando os analitos orgânicos na sua superfície durante a absorção ou adsorção da matriz da amostra. Na extremidade oposta do dispositivo, existe uma espécie de parafuso (hub), que é usado para conectar a fibra ao amostrador (*holder*), possuindo uma cor específica para cada tipo de revestimento de fibra (KATAOKA et al., 2000; AUGUSTO e VALENTE, 2002).

As principais vantagens da técnica de SPME são simplicidade, rapidez e o baixo custo, reprodutibilidade do método analítico. Por outro lado, assim como nas técnicas de SPE e da extração líquido-líquido, o método de SPME por extração direta é considerada técnica “suja”, pois pode extrair compostos não voláteis, o que pode acarretar danos e diminuir a vida útil da coluna cromatográfica (YANG e PEPPARD, 1994).

As alternativas para os métodos clássicos de análise total foram a abordagem de Análise do *Headspace*, uma vez que a fibra é colocada logo acima do volume da matriz (que pode ser líquida ou sólida), minimizando os problemas de inserção da fibra diretamente na amostra, como é feita na extração direta (Análise Total). A Análise do *Headspace* envolve apenas a análise dos componentes voláteis presentes na fase gasosa em equilíbrio sobre a amostra, assim representando mais fielmente o que é percebido pelo olfato (FRANCO e JANZANTTI, 2004). Essa abordagem pode ser classificada em *headspace* estático e dinâmico (KOLB, 1999).

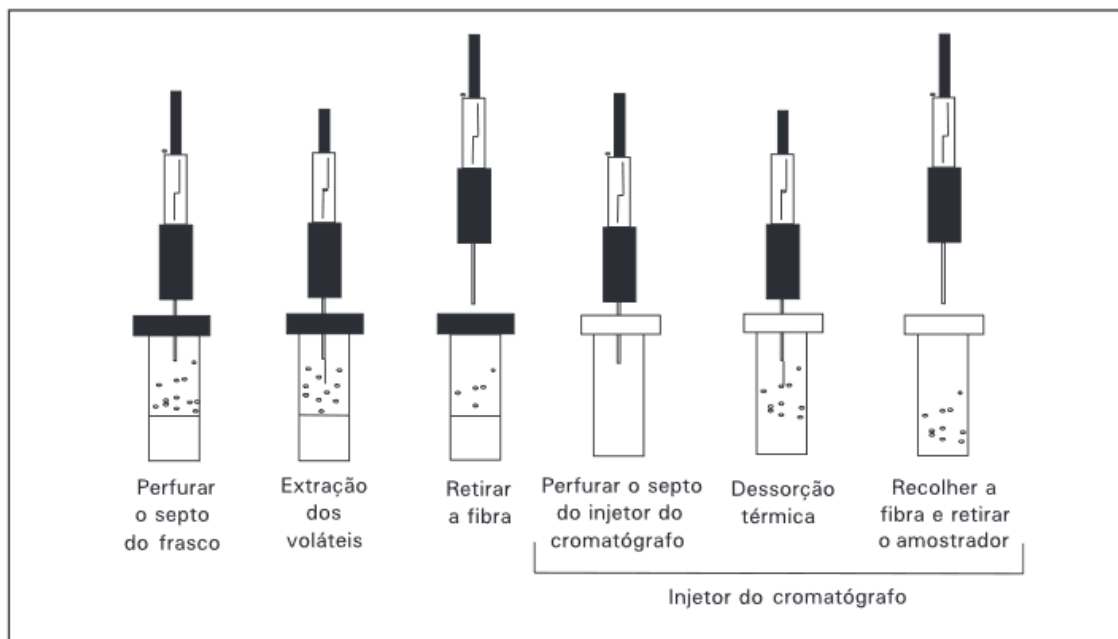
No *headspace* estático (*direct headspace*), a amostra é mantida em um sistema fechado até que haja um equilíbrio termodinâmico dos compostos voláteis presentes na fase líquida ou sólida com a fase gasosa do meio. Uma alíquota da fase gasosa é recolhida e injetada no cromatógrafo gasoso. Contudo, devido às pressões parciais significativamente menores do que a pressão parcial

do vapor de água, os analitos de interesse estão em concentrações geralmente baixas, obtendo-se cromatogramas pobres e limitados a poucos compostos voláteis (JENNINGS e FILSOOF, 1977; THOMAZINI e FRANCO, 2000).

No *headspace* dinâmico, os compostos voláteis confinados em um sistema são capturados continuamente para dentro armadilha recheada com materiais adsorventes por meio de uma sucção à vácuo (FRANCO e RODRIGUEZ-AMAYA, 1983) ou araste com gás inerte (SINGLETON e PATTEE, 1978).

A técnica de SPME também pode ser empregada para análise do *headspace* e, é muito empregada para análise de compostos voláteis em alimentos (AUGUSTO et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2004; YANG e PEPPARD, 1994), principalmente para frutos (PAWLISZYN et al, 1997; KATAOKA et al., 2000; CANUTO et al., 2011). O mecanismo de extração inicia-se quando a agulha do suporte de SPME (*holder*) com a fibra retraída perfura o septo do frasco que contém a amostra. Em seguida, a superfície ativa da fibra é exposta no *headspace*, conforme a Figura 1, para que ocorra o isolamento. Um equilíbrio de extração se estabelecerá entre as concentrações dos compostos voláteis da amostra no espaço superior acima da mesma (*headspace*) e o revestimento da fibra. O tempo de extração é determinado assim que ocorrer esse equilíbrio, após o qual as moléculas na fase vapor são aderidas ao filme apropriado. Percorrido o tempo de extração a fibra é recolhida e as moléculas adsorvidas são analisadas diretamente em um cromatógrafo a gás, inserindo-se a fibra no injetor, no qual elas são termicamente dessorvidas (KATAOKA et al., 2000; AUGUSTO e VALENTE, 2000). Terminada a dessorção, a fibra é novamente recolhida e retira-se o amostrador (*holder*).

Figura 1 – Captura e dessorção de voláteis com o uso da técnica de SPME do *headspace*



Esquema: Hilton Cesar Rodrigues Magalhães (CANUTO et al., 2011).

A fibra empregada depende das características físico-químicas (polaridade, peso molecular) dos constituintes de interesse da amostra (KATAOKA et al., 2000; AUGUSTO e VALENTE, 2000). Para isolamento de gases voláteis de peso molecular (PM) 30-225, recomenda-se usar fibras CAR/PDMS (75 μm /85 μm), voláteis de PM 60-275 (100 μm PDMS), voláteis, aminas e nitros-aromáticos PM 50-300 (65 μm PDMS/DVB), semi voláteis polares PM 80-300 (85 μm PA), voláteis apolares PM 125-600 (7 μm PDMS), semi voláteis apolares PM 80-500 (30 μm PDMS), álcoois e compostos polares PM 40-275 (65/70 μm CW/DVB) e compostos odoríferos C3-C20 PM 40-275 (50/30 μm DVB/CAR/PDMS) (SUPELCRO, 2005).

Para além do tipo de fibra, alguns recursos têm sido utilizados para melhorar a extração dos componentes voláteis dos alimentos: emprego de temperatura ou de alto vácuo para efetuar o deslocamento da fração volátil para as armadilhas e a extração exaustiva por solventes orgânicos (BERGER et al., 2003), uso de agitação e adição de sal (PAWLISZYN, 1990), além do tempo de exposição e equilíbrio da fibra. Facundo (2013) menciona que o aumento da temperatura durante o processo de extração dos compostos voláteis pode

promover uma série de reações químicas indesejáveis, e em muitos casos, o isolado de compostos de aroma poderá apresentar uma composição muito diferente daquela originalmente presente na amostra. Dessa forma, os métodos de isolamentos devem ser eficientes e brandos, simples, rápido e compreendendo se possível uma única etapa que separe os compostos voláteis da matriz do alimento (THOMAZINI e FRANCO, 2000).

A técnica SPME no *headspace* apresenta diversas vantagens, dentre elas estão: revelação mais fidedigna da constituição química do aroma da fruta, em virtude de não utilizar aquecimento nem solvente, fontes de substâncias artificiais e contaminantes; alta sensibilidade, pois a análise é feita apenas com moléculas dispersas no *headspace*, requerendo quantidades ínfimas de analito; praticidade, uma vez que o preparo da amostra é simples, levando poucos minutos, além de ser compatível com as análises de separação/identificação em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas (KATAOKA et al., 2000; PLUTOWSKA, 2007; CANUTO et al., 2011).

3.2.2. Separação e identificação dos compostos voláteis

O isolado volátil de um alimento compreende uma mistura complexa de inúmeros compostos voláteis, pertencentes a diversas classes químicas, com distintas propriedades físico-químicas, portanto, requer a adoção de técnicas seletas, sensíveis e eficientes para a realização precisa da sua separação (THOMAZINI e FRANCO, 2000; WAGNER, 2008). Assim, a cromatografia gasosa satisfaz essas exigências e vem sendo aplicada particularmente na pesquisa dos componentes aromáticos dos alimentos (REINECCIUS, 2006).

A cromatografia gasosa (CG) é um método físico de separação que segue o princípio da diferença de migração das substâncias voláteis entre uma fase gasosa móvel e uma fase estacionária, sólida ou líquida (GARRUTI, 2001). Segundo Aquino Neto e Nunes (2003), a CG chamada “convencional”, imperou absoluta até o início dos anos 80, tendo sido substituída quase integralmente

pela Cromatografia Gasosa de Alta Resolução (CG-AR), que proporcionaria a obtenção de picos muito mais finos e com maior poder de resolução.

Dentre os instrumentos mais requeridos para realização de análise de CG-AR e que possibilite obter informações quanti e qualitativas dos compostos voláteis, temos o cromatógrafo a gás com colunas capilares de sílica fundida, injetores do tipo *Split/splitless*, *on-column* e *programmed temperature vaporizer* (PTV), detectores de ionização em chama (FID) ou acoplados a espectrometria de massas (CG-MS) (GROB e ROMANN, 1981; GROB, 1994, FRANCO e JANZANTTI, 2004).

O uso de colunas capilares possibilita a separação de centenas de substâncias de uma mesma amostra. Contudo dependendo do tipo de fase estacionária, os compostos voláteis podem ter maior ou menor afinidade com a matriz da coluna, sendo necessária realização de testes com colunas de diferentes polaridades, a fim de assegurar a eficiente separação dos compostos (FRANCO e JANZANTTI, 2004; MIYAZAWA, 2009). Os distintos injetores são indicados para análise de traços. A injeção tipo *splitless*, possibilita que a amostra introduzida na coluna seja inserida diretamente no detector do cromatógrafo, evitando o emprego de conexões que poderiam introduzir artefatos ou diminuir a resolução da separação cromatográfica (BASTOS, 1996).

Aliado ao emprego de instrumentos finos na execução das análises de CG-AR, outros fatores também determinam forte influência na eficiência do processo cromatográfico e na adequação de análise de voláteis, como a técnica de injeção da amostra, escolha do tipo de injetor e *liner*, tipo de conteúdo (fase estacionária) e dimensões da coluna, programação de temperatura do forno, bem como o tipo e velocidade do gás de arrastes (LANÇAS, 1993; HINSHAW, 2004; WAGNER, 2008).

Dessa forma, a escolha das condições cromatográfica é fundamentalmente importante, pois reflete no alcance dos objetivos do estudo. Como por exemplo, dependendo do tipo de resultado (qualitativo ou quantitativo) e do tipo de analito que se quer analisar, a escolha do detector é levando em consideração, podendo este ser específico para um determinado composto ou englobar um maior número de substância (GARRUTI, 2001; FACUNDO, 2009; FERRÃO, 2012).

O CG acoplado a um detector de ionização em chama (do inglês *Flame Ionization Detector* – FID) é o mais indicado para quantificar os compostos voláteis de matrizes complexa, como é o caso das frutas (REID, 2004). Porém, para análise qualitativa desses compostos, o espectrômetro de massas (do inglês *Mass Spectrometry* – MS) é o detector mais indicado. Este fato, em parte, é atribuído pela diminuição do custo, aumento significativo da sensibilidade e redução do tempo de varredura (scan) do equipamento (GROB e KAISER, 2004).

No cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas (GC-MS), após a separação na coluna cromatográfica, as moléculas no estado gasoso (compostos voláteis) são ionizadas em regiões de alto vácuo (10^{-8} atm), onde são bombardeadas por elétrons de alta energia e gerados os íons positivos e fragmentos de íons, que são acelerados para um analisador de massas/carga (m/z), cuja finalidade é separar os íons, resultando no espectro de massas característico do composto (GARRUTI, 2001).

Para identificação e confirmação dos constituintes voláteis de uma amostra, as características dos espectros de massas do analito são comparadas com espectros padrões contidos no banco de dados armazenado na memória do computador (GARRUTI, 2001; FRANCO e JANZANTTI, 2004). Também se utiliza a comparação dos índices de *kovatz* calculados para as substâncias detectadas com os índices de *kovats* descritos na literatura na mesma fase estacionária (KABOT e ETTRE, 1964), além disso, podem ser utilizados padrões analíticos, que auxiliam e eliminam possibilidades equivocadas, aumentando a confiabilidade da identificação (FRANCO e JANZANTTI, 2004; MOLYNEUX e SCHIBERLE, 2007).

3.3. Compostos Voláteis do Mamão

Compostos voláteis de cultivares de mamoeiro têm sido amplamente estudados por diversos autores no mundo: *Carica papaya L.* variedade Solo plantadas no Hawaí (FLATH e FORREY, 1977; FLATH et al., 1990); mamão papaia do Sri Lanka (MacLEOD e PIERIS, 1983), variedade Maradol (PINO et

al., 2003) e Maradol roja (ALMORA et al., 2004; PINO et al., 2014), ambas cultivada em Havana – Cuba; cultivar Golden cultivada na Ilha da Madeira (PEREIRA et al., 2011); frutos das variedades Sel-42 e Tainung, provenientes da província de Antalya na Turquia (KELEBEK et al., 2015); frutos da cultivar Mountain, espécie *Vasconcellea pubescens*, cultivados na cidade de Curico – Chile (BALBONTÍN et al., 2007). Geralmente os compostos linalol, isotiocianato de benzila, butanoato de metila e butanoato de etila são considerados os mais abundantes e os responsáveis pelo aroma característico de mamão fresco. Entretanto, estudos revelam que a composição de voláteis em frutas tropicais varia consideravelmente, dependendo da cultivar e/ou região de produção do fruto (PINO et al., 2003; FUGATTE et al., 2010)

Flath e Forrey (1977) foram os primeiros pesquisadores a estudar detalhadamente os componentes voláteis do mamão Solo com o objetivo de identificar os compostos responsáveis pelo sabor de mamão in natura. Os autores usaram diferentes técnicas de concentração de compostos voláteis e conseguiram identificar 107 compostos orgânicos voláteis em 8 diferentes classes químicas. Na caracterização do mamão da variedade Solo, identificaram os compostos linalol e 4 óxidos de linalol, além de 30 álcoois e dentre estes, identificaram compostos relacionados à maceração de frutas, como, 3-metil-1-butanol, 2-metil-1-butanol, *cis*-3-hexen-1-ol, *trans*-2-hexen-1-ol e 1 hexanol. Também foram identificados 32 ésteres e algumas lactonas, e nove compostos carbonílicos. No entanto, observaram a presença de quatro compostos odoríferos: linalol, isotiocianato de benzila, β -ionona e γ -octalactona, predominantes nas diferentes técnicas, mas com concentrações diferentes. Os pesquisadores observaram que a polpa de mamão armazenada por longos períodos apresentava diferentes concentrações de isotiocianato de benzila, alta concentração de linalol e seus óxidos. As altas temperaturas e presença de ar influenciaram no aumento do composto fenil acetoneitrila. O estudo concluiu que as condições experimentais influenciam na composição de voláteis do mamão in natura.

Em 1984, Idstein e Scheier concluíram que os ésteres não contribuíam, nem quantitativa e nem qualitativamente, para a composição total do aroma do mamão Solo. Entre eles, dominaram os ésteres de ácidos de cadeia longa,

juntamente com fenil acetato de etila e benzoato de benzila. Os compostos terpênicos foram característicos para a composição do aroma de mamão, sendo que os isômeros de óxidos de linalol, conhecidos por pertencerem aos principais compostos do aroma. Os mesmos pesquisadores identificaram os estágios oxigenados e reduzidos dessas substâncias. Detectaram também outros terpenos de tipo acíclico, os isômeros aloocimeros e o álcool monoterpênico hotrienol, já conhecido como constituinte volátil de aroma de uva e de chá, e do tipo mentano, os dois mono terpenos hidrogenados: $\Delta 4$ -*p*-menteno e $\Delta 1$ -*p*-menteno. À classe dos mentanos também pertence o éter terpênico identificado como 2,9-epóxi- $\Delta 6$ -*p*-menteno.

Flath et al. (1990) analisaram a emissão de voláteis em mamão variedade Solo do Havai, em quatro estágios de amadurecimento da fruta por uma técnica de *headspace*, com adsorção em Tenax e dessorção de voláteis com éter etílico. Os quatro estágios foram descritos como verde maduro, color break, $\frac{1}{4}$ maduro e completamente maduro. Os frutos no estágio maduro apresentaram numerosos ésteres e monoterpênicos. Mirceno e os dois ocimenos, (*Z*) e (*E*), foram os mais abundantes entre os hidrocarbonetos mono terpênicos. Linalol foi encontrado em todas as amostras, embora um aumento pronunciado na velocidade de liberação fosse notado na transição da fruta quase madura para madura. O isotiocinato de benzila foi detectado nos quatro estágios, com uma concentração maior no estágio maduro, mas o teor de fenil acetona nitrila não exibiu nenhuma correlação com o amadurecimento da fruta. As quantidades de fenilacetona nitrila encontradas nas emissões da fruta intacta foram surpreendentemente altas, especialmente em comparação com os níveis correspondentes de isotiocinato de benzila. De modo geral, estudos (FLATH e FORREY, 1977; MacLEOD e PIERIS, 1983; IDSTEIN e SCHREIER, 1984; IDSTEIN e SCHREIER, 1985) têm mostrado pouca fenil acetona nitrila em relação a isotiocinato de benzila (1-4%), a menos que a polpa seja fervida à pressão atmosférica em contato com ar, quando a nitrila predominava (4,5/12 vezes mais do que o isotiocinato).

Glicosinolato de benzila em mamão é degradado enzimaticamente por mirosinase quando o tecido da fruta é rompido, para produzir predominantemente isotiocinato de benzila (TANG, 1971). Glicosinolatos podem

também dar origem a nitrilas, tiocinatos e aminas, sendo as quantidades relativas dependentes do glicosinolato específico e do sistema de enzimas presente (ROBISON, 1990).

O mamão grupo Solo cultivado em diferentes estados do Brasil (Bahia e Pará) foram estudados por Franco et al. (1994), os quais observaram alta variabilidade nos resultados. Quanto ao perfil de voláteis, revelaram que os compostos predominantes foram linalol e seus óxidos, que foram sempre detectados com abundância relativa de até 93%. O segundo composto foi o óxido trans de linalol. Os compostos voláteis da classe química éster (ésteres de metila, butanoato e hexanoato) foram detectados como traços. No final do estudo concluíram que mesmo apresentando alta variabilidade, os mamões pertencentes a regiões distintas o grupo Solo cultivado no Pará e Bahia não diferiram significativamente. Os autores, para compreenderem a qualidade odorífera presente no mamão grupo Solo, realizaram um experimento sensorial descritivo por Análise Descritiva Quantitativa e concluíram que a cultivar Solo possui aroma floral com sabor mais doce e néctar.

3.4. Ciência Sensorial

O campo da avaliação sensorial cresceu rapidamente na metade do século XX em consequência da expansão dos alimentos processados e consumo de produtos industriais. A análise sensorial compreende um conjunto de técnicas utilizadas para medir com precisão a resposta humana ao degustar alimentos e bebidas. Sua precisão deve-se principalmente pela diminuição dos efeitos de polarização potencial e eliminação das informações que interfiram a percepção do consumidor (LAWLESS e HEYMANN, 2010)

Avaliação sensorial dos alimentos foi exaustivamente estudada por Amerine, Pangborn e Roessler (1965) e recentemente muitos artigos de revisão têm sido publicados (PIGGOTT, 2000; STONE e SIDEL, 2004; MOSKOWITZ et al., 2006; MEILGAARD et al., 2006; CIVILLE e OFTEDAL, 2012).

Segundo o Institute of Food Technologists (IFT, 1981) análise sensorial é um método científico usado para evocar, medir, analisar e interpretar respostas

do consumidor a alimentos e matérias, percebidas através dos sentidos da visão, olfação, gosto, tato e audição. É uma medida integrada e multidimensional com três vantagens importantes: identifica a presença de diferenças perceptíveis, identifica e quantifica as características sensoriais importantes de forma rápida, e identifica problemas particulares que não podem ser detectados por outros procedimentos analíticos (NAKAYAMA e WESSMAN, 1979).

De acordo com Minim (2006), as indústrias de alimentos têm buscado identificar e atender aos anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão em um mercado cada vez competitivo. A análise sensorial tem-se mostrado importante ferramenta nesse processo, envolvendo um conjunto de técnicas elaboradas com o intuito de avaliar um produto quanto a sua qualidade sensorial, em várias etapas de seu processo de fabricação. É uma ciência que objetiva, principalmente, estudar as percepções, sensações e reações do consumidor sobre as características dos produtos, expressando valores numéricos que podem ser analisados estatisticamente (LAWLESS e HEYMANN, 2010).

Os testes sensoriais afetivos quantificam o grau de gostar e desgostar de um alimento, e são conhecidos como métodos afetivos ou testes hedônicos. A abordagem mais simples para este problema é oferecer aos consumidores uma escolha entre uma alternativa de produtos e ver se existe uma preferência predominante entre as respostas dos consumidores. LAWLESS e HEYMAN (2010) afirmam que o grande problema pode ser a escolha do teste, caso eles não informem sobre a magnitude do gostar ou desgostar. O referencial histórico nessa classe de teste foi o desenvolvimento da escala hedônica pela U. S. Army Food e Instituto Container em meados de 1940 (JONES et al., 1955). Esse método forneceu uma escala de 9-pontos balanceada para gosto com uma categoria neutra.

Duas novas abordagens na condução dos testes sensoriais com consumidores têm sido observadas. A primeira abordagem refere-se a utilização do Diagnóstico de atributos (MEIGAARD, CIVILLE e CARR, 2006) para a obtenção das intensidades dos atributos sensoriais com provadores não treinados. A segunda abordagem relaciona-se ao uso da técnica sensorial

Check-All-That-Apply – CATA (LANCASTER e FOLEY, 2007) com o objetivo de levantar descritores e avaliar suas intensidades diretamente com consumidores.

Assim, a importância da análise sensorial no setor alimentício é indiscutível, dada a gama de aplicações que ela permite, desde a avaliação das matérias primas, passando pelo desenvolvimento de novos produtos, processamento tecnológico, controle de qualidade e determinação do *Shelf-life* nos produtos in natura e processados, além de fornecer informações sobre a aceitabilidade desses produtos junto aos consumidores (DUTCOSKY, 1996; MEILGAARD et al., 2006; LAWLESS e HEYMAN, 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Genótipos de Mamão

Foram utilizados frutos de cinco cultivares do grupo Solo, sendo uma variedade comercial Sunrise e quatro genótipos melhorados CPMF L47-P8, CPMF L60-08, CPMF L47-P5 e CPMF H54-78 provenientes do programa de melhoramento genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas-BA (Figura 2). Os frutos, no estágio de maturação 2 (¼ maduro, com até 25 % da superfície da casca amarela, rodeada de verde-claro) (RITZINGER e SOUZA, 2000), foram transportados até o Laboratório de Processos Agroindustriais da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza -CE, alocados em prateleiras e mantidos sob temperatura ambiente (~28 °C) por 2 dias, para dar continuidade ao processo de amadurecimento. A partir do estágio 5 (76 a 100 % da superfície da casca amarela), os frutos foram armazenados em câmara fria (9 °C a 12 °C) até a realização da análise sensorial. Quando da análise sensorial, amostra da polpa de mamão (10 g) foi coletada, homogeneizada a 30 % de NaCl (m/m), acondicionada em embalagem de prolipropileno e armazenada sob congelamento (-10 °C) até a realização das análises de compostos voláteis.

Figura 2 – Genótipos de mamão do grupo Solo.



Foto: Cláudio de Norões Rocha

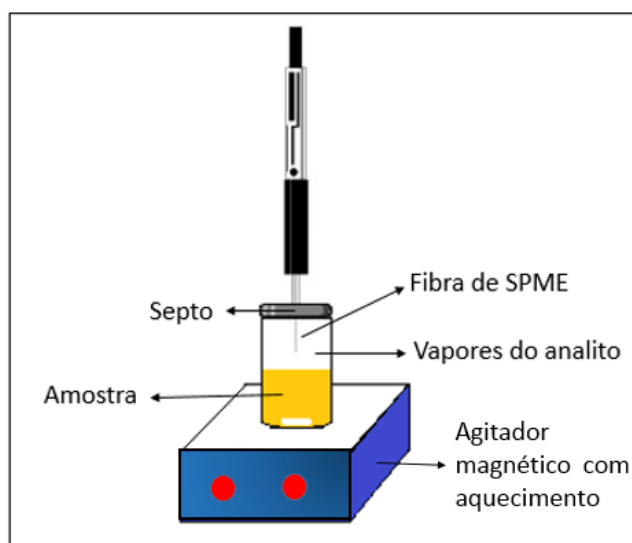
4.2. Análise dos Compostos Voláteis

4.2.1. Análise de voláteis usando HS-SPME

A extração de compostos voláteis da polpa dos genótipos de mamão foi realizada pelo método de concentração dos vapores em espaço confinado (*headspace*– HS), a partir da técnica de microextração em fase sólida (SPME). A fibra de SPME utilizada foi a de revestimento misto DVB/CAR/PDMS (divinilbenzeno/carboxeno/polidimetilsiloxano), da Supelco (Sigma-Aldrich, Bellefonte, PA, USA), com 30 μm de espessura de filme e 10 mm de comprimento. O pré-condicionamento da fibra foi realizada a 270 °C por 60 min no injetor do cromatógrafo gasoso.

Para a captura dos voláteis, cerca de 5 g de polpa foram colocadas em fracos (*vial*) de 20 mL e homogeneizadas com água deionizada (5 mL). Foi adicionado cloreto de sódio P. A. (30% m/m, previamente aquecido a 200 °C/ 2h), para promover a inibição enzimática e aumentar a pressão de vapor, facilitando a remoção dos compostos. Após a adição de um padrão interno (300 μL acetato de pentila na concentração de 0,96 $\mu\text{L}/\text{mL}$), o *vial* foi vedado com um septo de borracha e a amostra submetida à agitação moderada constante, com uso de barra magnética, sob temperatura de 40 °C (Figura 3). O tempo de equilíbrio e de exposição da fibra foi determinado seguindo planejamento experimental descrito a seguir. Todas as extrações foram realizadas em triplicatas.

Figura 3 – Representação da extração dos compostos voláteis da polpa de mamão pela técnica de microextração em fase sólida do *headspace* (HS-SPME).



4.2.2. Otimização das condições de extração

As condições analíticas para a extração dos compostos voláteis foram determinadas a partir da Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) (KHURI e CORNELL, 1996). Foi estudado o efeito combinado de duas variáveis independentes, tempo de equilíbrio (min) e tempo de exposição da fibra (min), sobre o número de picos cromatográficos, área total dos picos e intensidade de aroma característico de mamão (Tabela 1). Foi realizado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para duas variáveis independentes (2^2), incluindo 4 ensaios nas condições axiais e três repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

Tabela 1 – Variáveis e níveis experimentais utilizados na otimização das condições de extração dos compostos voláteis dos genótipos de mamoeiro por SPME.

Variável	Código	Níveis Experimentais				
		-1,41	-1	0	1	1,41
Teq (min)	X1	0	4	15	26	30
Texp (min)	X2	20	26	40	54	60

Teq – tempo de equilíbrio; Texp – tempo de exposição da fibra.

4.2.3. Separação e identificação dos compostos voláteis

A separação dos compostos voláteis foi registrada por meio de cromatograma, gerado por cromatógrafo gasoso acoplado a espectro de massas (Varian, Agilent Technologies Inc., modelo CG-450 /EM-240), com impacto de elétrons a 70 eV.

A dessorção térmica dos compostos voláteis adsorvidos na fibra de SPME foi realizada em injetor à temperatura de 250 °C, no modo de injeção sem divisão de fluxo (*Splitless*). O efluente cromatográfico foi separado em coluna VF-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, Varian). Gás hélio foi utilizado como gás carreador com fluxo constante de 1,0 mL.min⁻¹ (8,7 psi) e velocidade linear constante de 36,7 cm.s⁻¹. As temperaturas do detector (*Ion Trap*) e da linha de transferência (MS) foram mantidas a 170 °C. Na programação do forno cromatográfico foi utilizada temperatura inicial de 30 °C mantida por 10 min, com rampas de aquecimento de 20 °C.min⁻¹ até 70 °C; 2 °C.min⁻¹ até 110 °C e 15 °C.min⁻¹ até 250 °C, temperatura mantida por 10 min, totalizando 51,33 min de corrida.

Os índices de retenção (IR) foram calculados a partir de uma série homóloga de alcanos C₇-C₃₀ de acordo com a equação de Kovats (KOVATS, 1965), porém sob as mesmas condições cromatográficas utilizadas para a separação dos componentes das amostras e sem descontar o tempo morto.

A identificação dos compostos foi baseada na forma de fragmentação por meio da comparação dos espectros de massas do composto desconhecido com os espectros da base de dados fornecida pelo equipamento (NIST– 287.324 compostos) e dados da literatura das bibliotecas ADAMS (2007), NIST (2015) e

PHEROBASE (2015). Os compostos orgânicos voláteis identificados com área cromatográfica acima de 50 (counts x 10⁻³) foram considerados como compostos majoritários.

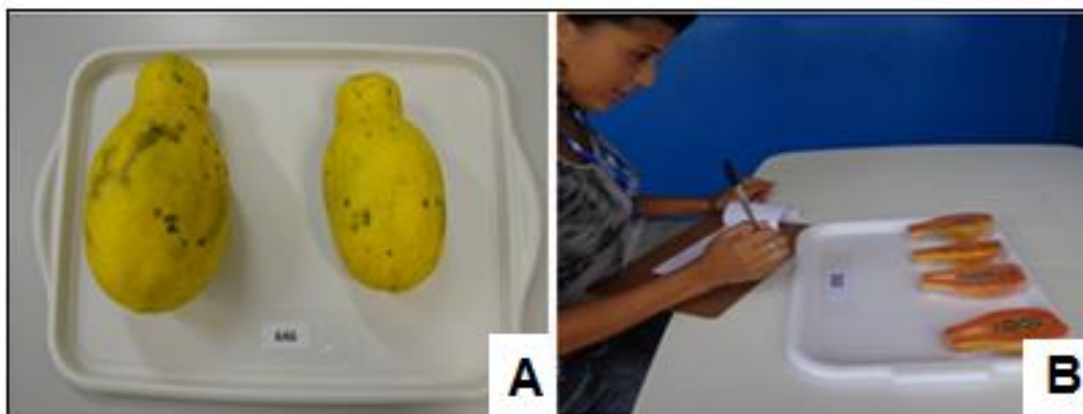
4.3. Análise Sensorial

As amostras foram avaliadas por testes afetivos de aceitação e diagnóstico de atributos (MEILGAARD et al., 2006). Os consumidores de mamão foram recrutados entre funcionários e colaboradores da Embrapa Agroindústria Tropical, conforme procedimento especificado por Meilgaard et al. (2006) e Stone e Sidel (1985). O público, constituído de 65 indivíduos, foi caracterizado quanto a gênero e idade e solicitado a assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APENDICEA). Os protocolos dos testes sensoriais foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Ceará, sob parecer nº 147.279.

4.3.1. Aceitação da aparência

Para avaliar a aparência foi simulada uma situação de compra, com os frutos do mamão expostos em uma bancada, inteiros (para avaliação da aparência externa) e também cortados longitudinalmente (aparência interna), conforme ilustrado na Figura 4. Cada genótipo foi colocado em uma bandeja codificada com números aleatórios de três dígitos (WALKELING e MACFIE, 1990). A aceitação foi avaliada por meio de uma escala hedônica estruturada verbal de 9 pontos, variando de “gostei muitíssimo” a “desgostei muitíssimo” (PERYAM e PILGRIM, 1957) (Figura 5). Na ficha de avaliação foi incluída ainda uma escala de intenção de compra de 5 pontos, variando de “certamente não compraria” a “certamente compraria”, com um ponto intermediário “talvez comprasse, talvez não comprasse” (região de indecisão).

Figura 4 – Avaliação da aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.



Fotos: A) Cláudio de Norões Rocha. B) Idila Maria da Silva Araújo

Figura 5 – Ficha da avaliação sensorial da aparência dos genótipos de mamão.

ANÁLISE SENSORIAL DE MAMÃO	
Nome: _____	Data ___/___/___ Amostra: _____ P: _____
ACEITAÇÃO DA APARÊNCIA EXTERNA	
Por favor, avajie a amostra de mamão e utilize a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou da aparência externa.	
<input type="checkbox"/> Gostei muitíssimo <input type="checkbox"/> Gostei muito <input type="checkbox"/> Gostei <input type="checkbox"/> Gostei pouco <input type="checkbox"/> Nem gostei/Nem Desgostei <input type="checkbox"/> Desgostei pouco <input type="checkbox"/> Desgostei <input type="checkbox"/> Desgostei muito <input type="checkbox"/> Desgostei muitíssimo	
Agora, indique a sua atitude, caso você encontrasse este produto no mercado.	
<input type="checkbox"/> Certamente compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente compraria <input type="checkbox"/> Talvez compraria/Talvez não compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria <input type="checkbox"/> Certamente não compraria	
ACEITAÇÃO DA APARÊNCIA INTERNA	
Por favor, avalie a amostra de mamão e utilize a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou da aparência interna.	
<input type="checkbox"/> Gostei muitíssimo <input type="checkbox"/> Gostei muito <input type="checkbox"/> Gostei <input type="checkbox"/> Gostei pouco <input type="checkbox"/> Nem gostei/Nem Desgostei <input type="checkbox"/> Desgostei pouco <input type="checkbox"/> Desgostei <input type="checkbox"/> Desgostei muito <input type="checkbox"/> Desgostei muitíssimo	
Agora, indique a sua atitude, caso você encontrasse este produto no mercado.	
<input type="checkbox"/> Certamente compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente compraria <input type="checkbox"/> Talvez compraria/Talvez não compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria <input type="checkbox"/> Certamente não compraria	
Comentários: _____	

4.3.2. Aceitação global e diagnósticos de atributos

A degustação dos frutos foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE. Os testes foram realizados em cabines individuais climatizadas (24 °C), sob iluminação controlada (luz branca, fluorescente) e equipada com terminais de computadores para registro/coleta de dados de maneira automática por meio do *software* FIZZ[®]. Dois cubos de cada fruto (descascado) foram servidos em copinhos descartáveis codificados e apresentados de forma monádica e balanceada (MACFIE et al., 1990) para minimizar os efeitos de posição das amostras. Um copo de água mineral foi oferecido entre as amostras, para eliminar o sabor residual na boca (Figura 6).

Foram aplicados testes de aceitação global, diagnóstico de atributos (intensidade da cor, sabor, aroma e textura) e intenção de compra. Para a avaliação da aceitação global e intenção de compra foram utilizadas as mesmas escalas descritas para aparência. Para a avaliação dos atributos foi utilizada uma escala estruturada de 9 pontos, ancoradas em seus extremos com termos referentes à intensidade (Figura 7). Na avaliação da cor característica da polpa do fruto, utilizou-se nos extremos da escala: 0 = muito clara e 9 = muito forte. Para a intensidade do aroma e sabor característicos, escala variando de 0 = fraco a 9 = forte, e para o atributo textura na boca, utilizou-se 0 = pouco firme e 9 = muito firme.

Figura 6 – Degustação dos frutos para avaliação sensorial.



Foto: Idila Maria da Silva Araújo

Figura 7 –Ficha para avaliação sensorial dos frutos

ANÁLISE SENSORIAL DE MAMÃO										
Nome:				Data	__/__/__	Amostra:			P:	__
ACEITAÇÃO GLOBAL										
Você está recebendo uma amostra de mamão. Prove-a e avalie- marcando abaixo o quanto você gostou ou desgostou de uma maneira GLOBAL										
()	Gostei muitíssimo									
()	Gostei muito									
()	Gostei									
()	Gostei pouco									
()	Nem gostei/Nem Desgostei									
()	Desgostei pouco									
()	Desgostei									
()	Desgostei muito									
()	Desgostei muitíssimo									
DIAGNÓSTICO DE ATRIBUTOS										
Por favor, indique sua opinião sobre as seguintes características. Usando uma escala que vai de 1 a 9, marque o valor que melhor descreve a amostra.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cor da polpa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Muito clara								Muito Escura	
Aroma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Fraco								Forte	
Sabor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Fraco								Forte	
Textura na boca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Pouco firme								Muito firme	
Agora indique sua atitude caso você encontrasse esse produto à venda no mercado:										
()	Certamente compraria									
()	Provavelmente compraria									
()	Talvez compraria/Talvez não compraria									
()	Provavelmente não compraria									
()	Certamente não compraria									
Comentários: _____										

4.4. Análises estatísticas

4.4.1. Otimização das condições de extração dos voláteis

O modelo utilizado foi uma equação de segunda ordem, conforme a equação (1) em que y representa as respostas (picos, área e aroma), os termos dos $\beta_{i's}$ representam o efeito linear, os $\beta_{ii's}$ os efeitos quadráticos e os $\beta_{ij's}$ os efeitos das interações entre os níveis das variáveis regressoras x_1, x_2, \dots, x_k , descrito por:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_{ii}^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j>1}^k \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad (1)$$

Essa equação expressa a relação entre os níveis quantitativos das variáveis regressoras (tempo de equilíbrio e tempo de exposição) e cada uma das variáveis respostas (número de picos, área total dos picos e intensidade de aroma característico de mamão). Para tanto utilizou-se o programa *Statistica*, versão 10.0.

A qualidade do ajuste dos modelos polinomiais foi avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2) e pelo teste para a falta de ajuste do modelo. A significância estatística a ($p < 0,05$) foi determinada pelo teste F e a superfície de resposta foi construída a partir da equação de regressão da superfície de resposta.

4.4.2. Análise sensorial

Para efeito de análise estatística, as categorias da escala hedônica foram associadas a valores numéricos, sendo 9 = “gostei muitíssimo”, 8 = “gostei muito”, 7 = “gostei”, 6 = “gostei pouco”, 5 = “nem gostei/nem desgostei”, 4 = “desgostei pouco”, 3 = “desgostei”, 2 = “desgostei muito” e 1 = “desgostei muitíssimo”. Os dados dos testes de aceitação, bem como de intensidade dos

diversos atributos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de 5% de significância para comparação das médias, utilizando-se o programa estatístico Statistical Analytical Systems – SAS Use's Guide: Version 6.11 (SAS, 1996). Também foi calculado um Índice de Aceitação pelo somatório das frequências acumuladas na região de aceitação da escala hedônica (valores de 6 a 9) para cada amostra. Os dados da intenção de compra foram representados por meio de histogramas de frequência.

4.4.3. Análise de componentes principais (ACP)

Os resultados obtidos da análise de perfil dos compostos voláteis geraram uma matriz de dados com um total de 5 genótipos de mamão (observações) *versus* 70 áreas de compostos voláteis (variáveis). A matriz de dados foi analisada por uma técnica de análise multivariada, a Análise de Componentes Principais (ACP), através do programa estatístico XLSTAT Addinsoft, New York, NY: Version 2015 (XLSTAT, 2015) via matriz de correlação de Pearson.

4.4.4. Análise de agrupamento hierárquico (*Cluster Analysis*)

As possíveis semelhanças entre os genótipos de mamão grupo Solo foram estudadas a partir da matriz de dados (5 genótipos de mamão *versus* 70 áreas de compostos voláteis) e submetida a análise de agrupamento hierárquico, tendo como escala métrica a distância Euclidiana e como regra de amalgamação, o método de Ward, através do programa estatístico XLSTAT Addinsoft, New York, NY: Version 2015 (XLSTAT, 2015).

4.4.5. Regressão por mínimos quadrados parciais (PLS).

A análise de regressão multivariada (PLS) foi conduzida com duas matrizes de dados: 70 áreas referente aos compostos orgânicos voláteis e 3 atributos sensoriais (aroma, sabor e aceitação global). Para tanto os dados foram centralizados e reduzidos, seguindo o método de regressão via PLS, através do programa estatístico XLSTAT Addinsoft, New York, NY: Version 2015 (XLSTAT, 2015).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Otimização das Condições de Extração dos Voláteis de Mamão pela Técnica de HS-SPME

A Tabela 2 mostra os resultados dos onze experimentos realizados com as combinações de tempo de equilíbrio e tempo de exposição. Foram ainda calculados os efeitos estimados para as variáveis respostas número de picos, área total e intensidade de aroma na Tabela 3.

Na Tabela 3 é possível observar que apenas os fatores tempo de equilíbrio linear (Teq L), tempo de equilíbrio quadrático (Teq Q) e tempo de exposição linear (Texp L) foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$) para as variáveis respostas número de picos, área total e intensidade de aroma.

Observa-se a presença de um efeito positivo do fator Teq L significativo ($p < 0,05$) somente para intensidade de aroma, indicando que existe uma relação linear do tempo de equilíbrio com essa variável dependente. O fator Teq Q exerceu efeito negativo para a variável área total, ao nível de significância de 5 %, porém não apresentou influência sobre as respostas de número de picos e intensidade de aroma. O Texp L foi o único fator que exerceu efeito positivo significativo em todas as variáveis respostas ($p < 0,05$). O Texp Q e a interação Teq x Texp não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$), mas influenciaram na equação ajustada, ou seja, ao retirar esses termos da equação ocorreram perdas no R^2 , por isso todos os termos permaneceram no modelo.

Tabela 2 – Planejamento experimental e respostas do DCCR utilizado para otimizar as condições de extração dos compostos voláteis da polpa de mamão por HS-SPME.

Experimento*	Variáveis Codificadas		Variáveis Originais		Nº de picos	Variáveis Respostas	
	X1	X2	Teq (min)	Texp (min)		Área Total	Intensidade do Aroma (mm)
1	1	-1	26	26	46	8527493	68
2	1	1	26	54	61	11129855	74
3	-1	-1	4	26	39	7262418	31
4	-1	1	4	54	53	10431345	57
5	0	1,41	15	60	59	11996684	77
6	1,41	0	30	40	49	9181114	78
7	0	-1,41	15	20	34	6224533	52
8	-1,41	0	0	40	52	8762846	15
9	0	0	15	40	50	9899334	48
10	0	0	15	40	50	10465319	58
11	0	0	15	40	52	10773838	63

* Experimentos 9, 10 e 11 são repetições (ponto central) para o cálculo do erro puro. Teq: tempo de equilíbrio (min); Texp: tempo de exposição da fibra (min).

Tabela 3 – Efeitos estimados para as variáveis número de picos, área total do cromatograma e intensidade de aroma.

Efeitos	Nº de Picos		Área Total		Intensidade de Aroma	
	Efeito Estimado	P	Efeito Estimado	P	Efeito Estimado	P
(1) T eq L(min)	2,8266	0,0767	0,6565	0,1576	36,2505	0,0014
T eq Q (min)	0,5264	0,6591	-1,3181	0,0427	-9,1510	0,2460
(2) Texp L (min)	16,0152	0,0026	3,4689	0,0003	16,7576	0,0288
T exp Q (min)	-3,4956	0,0668	-1,0804	0,0626	9,1905	0,2142
1L by 2L	0,5000	0,7072	-0,2833	0,6279	-10,0000	0,2580

*Significativo ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$); Teq L: tempo de equilíbrio linear; Teq Q: tempo de equilíbrio Quadrático; Texp L: tempo de exposição linear; Texp Q: tempo de exposição Quadrático.

5.1.1. Variável dependente número de picos

O modelo matemático ajustado para o número de picos foi significativo ($p \leq 0,05$) e expresso pela equação (2).

$$\text{Número de picos} = 50,64 + 2,83T_{eq} + 0,53T_{eq}^2 + 16,02T_{exp} - 3,49T_{exp}^2 + 0,5T_{eq}.T_{exp} \quad (2)$$

A falta de ajuste desse modelo não foi significativa (Tabela 4) e confirma a possibilidade de ajuste e otimização por um modelo preditivo. O coeficiente de determinação (R^2) do modelo completo indica que ele pode explicar até 90,9 % da variabilidade das respostas, enquanto que o R^2_{adj} (R^2 do modelo ajustado) pode explicar até 81,8 %.

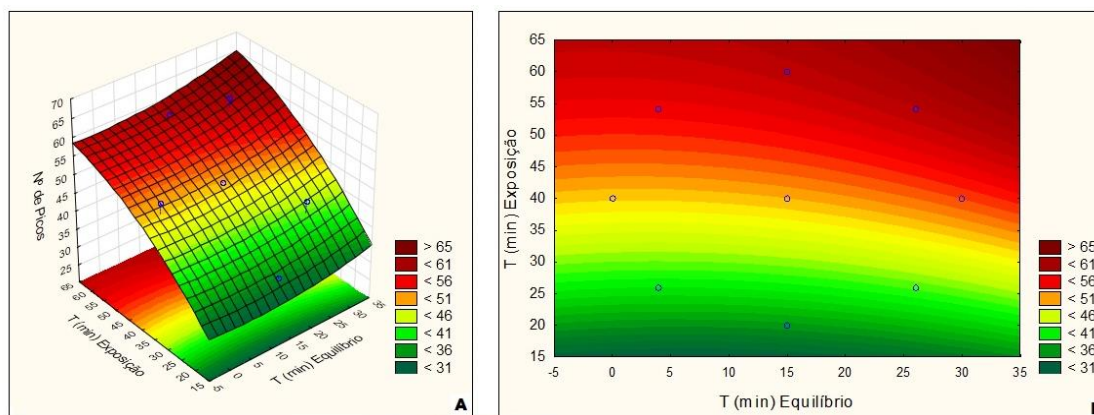
Tabela 4 – Análise de variância para a variável número de picos da otimização das condições de extração dos compostos voláteis da polpa de mamão por HS-SPME.

FV	SQ	GL	QM	Fcal.	Ftab.
Regressão	552,20	5	110,44	9,97	5,05*
Resíduo	55,41	5	11,08		
Falta de ajuste	52,74	3	17,58	13,17	19,16 (ns)
Erro puro	2,67	2	1,34		
Total	604,54	10			

*Significativo ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$); R^2 : 90,9%; R^2_{adj} : 81,8%; ns: não significativo.

A Superfície de resposta do modelo ajustado para a variável dependente número de picos é visualizado na Figura 8. Confirmou-se que o tempo de exposição apresentou grande influência para a quantidade de picos dos cromatogramas de compostos voláteis do mamão, sendo que os maiores valores de resposta foram encontrados com tempo de exposição na ordem de 60 min. O tempo de equilíbrio pouco influenciou na quantidade de picos, porém as condições de maior resposta foram 15 min de equilíbrio com 60 minutos de exposição.

Figura 8 – Superfície de resposta e curvas de contorno para número de picos cromatográficos obtidos a partir do HS-SPME da polpa de mamão em função do tempo de equilíbrio e do tempo de exposição.



5.1.2. Variável dependente área total

Para a otimização da variável resposta área total, a ANOVA (Tabela 5) mostrou que o modelo ajustado e expresso pela equação (3) foi significativo a ($p < 0,05$) e não significativo para falta de ajuste.

$$\text{Área Total} = 10,37 + 0,66T_{eq} - 1,32T_{eq}^2 + 3,47T_{exp} - 1,08T_{exp}^2 - 0,28T_{eq}.T_{exp}(3)$$

Tabela 5 – Análise de variância do modelo ajustado para a variável área total dos picos cromatográficos da otimização das condições de extração dos compostos voláteis da polpa de mamão por HS-SPME.

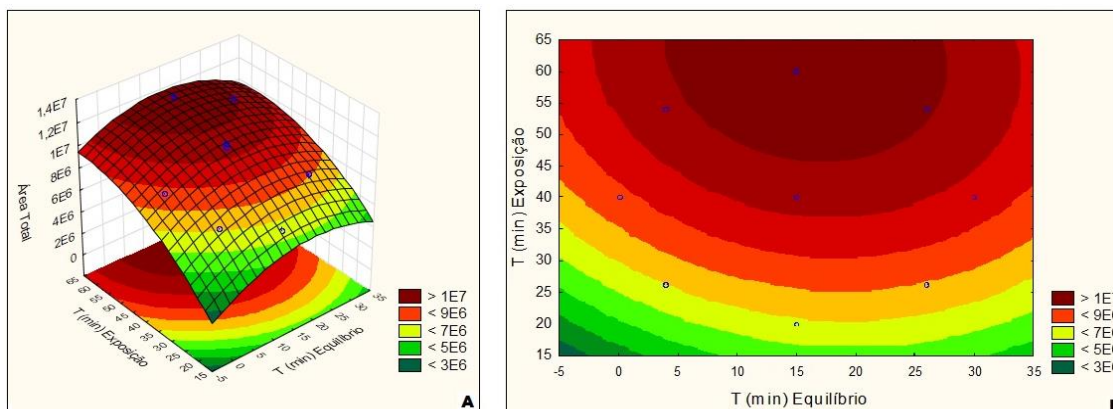
FV	SQ	GL	QM	Fcal.	Ftab.
Regressão	29,14	5	5,83	19,43	5,05*
Resíduo	1,5	5	0,30		
Falta de ajuste	1,11	3	0,37	1,90	19,16 (ns)
Erro puro	0,39	2	0,20		
Total	30,64	10			

*Significativo ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$); R^2 : 94,9%; R^2 adj: 88,4 %; ns: não significativo.

Para a resposta área total, o coeficiente de determinação (R^2) indicou que o modelo completo pode explicar até 94,9 % dessa variabilidade. Como o efeito do tempo de equilíbrio linear não apresentou significância ($p > 0,05$), um novo modelo estatístico foi construído utilizando-se os coeficientes da regressão ajustados. Contudo, ocorreram perdas no coeficiente de determinação ajustado que explicava 89,9 % e passou a explicar 88,4 % da variabilidade dessa resposta, sugerindo que os termos do modelo não podem ser excluídos do modelo.

Na superfície de resposta da Figura 9 foi observado comportamento semelhante para a área total ao encontrado na superfície de resposta para o número de picos, evidenciando que, com o aumento do tempo de exposição, há também um aumento considerável na área total do cromatograma. Para essa variável foi atingido o ponto de máximo na condição 15 min de equilíbrio com 60 min de exposição.

Figura 9 – Superfície de resposta e curvas de contorno para área total cromatográfica obtida a partir do HS-SPME da polpa de mamão em função do tempo de equilíbrio e do tempo de exposição



5.1.3. Variável dependente intensidade de aroma

O modelo matemático para a variável resposta intensidade de aroma de mamão é expresso na equação (4). Esse modelo apresentou significância ($p \leq 0,05$) com falta de ajuste não significativa (Tabela 6).

$$Int. Aroma = 56,29 + 36,25Teq - 9,15Teq^2 + 16,76Texp + 9,19Texp^2 - 10Teq.Texp \quad (4)$$

O coeficiente de determinação (R^2) indica que esse modelo pode explicar até 91,9 % da variabilidade da resposta intensidade do aroma e o modelo ajustado pode explicar até 89,8 % da variabilidade dessa resposta.

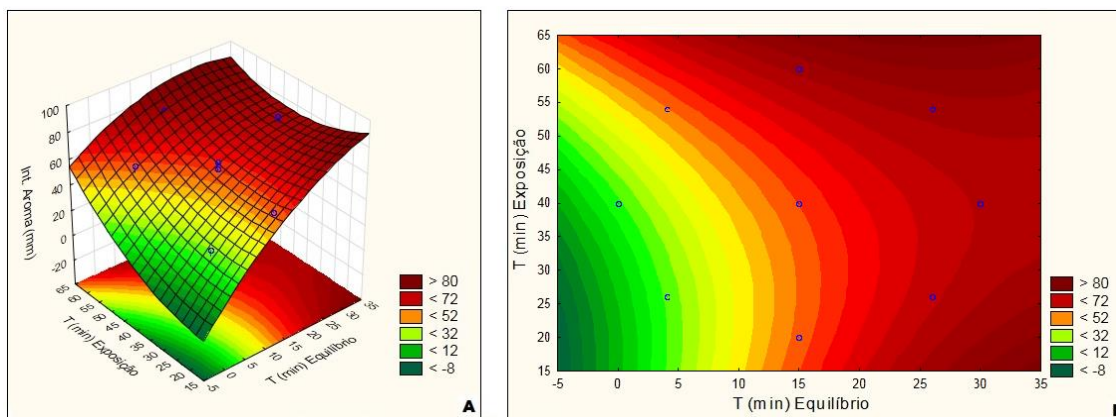
Tabela 6 – Análise de variância para a variável Intensidade do aroma de mamão do extrato para a otimização das condições de extração dos compostos voláteis da polpa de mamão por HS-SPME.

FV	SQ	GL	QM	Fcal.	Ftab.
Regressão	3433,49	5	686,70	11,18	5,05*
Resíduo	307,10	5	61,42		
Falta de ajuste	190,43	3	63,48	1,09	19,16 (ns)
Erro puro	116,67	2	58,33		
Total	3740,59	10			

*Significativo ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$); R^2 91,9%; R^2_{adj} 89,8%; ns: Não significativo.

A superfície de resposta da Figura 10 apresenta o comportamento da interação de diferentes tempos de equilíbrio versus diferentes tempos de exposição e sua influência na intensidade do aroma de mamão do extrato. Observa-se que, novamente, as condições de maior resposta foram 15 minutos de equilíbrio com 60 minutos de exposição. No entanto, como o efeito do tempo de equilíbrio foi maior sobre todas as variáveis estudadas, concluiu-se que as melhores condições analíticas para extração dos compostos voláteis do *headspace* da polpa de mamão por SPME foram 15 minutos de tempo de equilíbrio e 60 minutos de tempo de exposição da fibra.

Figura 10– Superfície de resposta e curvas de contorno para a intensidade do aroma de mamão obtidos a partir do HS-SPME da polpa de mamão em função do tempo de equilíbrio e do tempo de exposição.



5.2. Compostos voláteis dos genótipos de mamão do grupo Solo

A Tabela 7 apresenta a identificação e as respectivas áreas dos compostos voláteis presentes nos genótipos de mamão do grupo Solo. Ao todo foram identificados 70 compostos voláteis, dos quais 32 compostos foram identificados na variedade Sunrise, 27 compostos no genótipo CPMF L60-08, 26 compostos no genótipo CPMF L47-P8, 35 compostos no genótipo CPMF L47-P5 e 35 compostos no genótipo CPMF H54-78.

Dentre as classes químicas dos compostos identificados nos genótipos em estudo, os aldeídos foram os mais abundantes em número (17), seguidos dos álcoois (14), ésteres (11) e terpenos (13). Ainda foram identificados compostos pertencentes à classe das cetonas (4), lactonas (4), ácidos (3), hidrocarbonetos (2), heteroátomos (1) e isocianato (1). Pino et al. (2003), em estudo do mamão Red Maradol, revelaram os ésteres como a classe química predominante na cultivar. Segundo Fugatte et al. (2010), a composição de voláteis em frutas tropicais varia consideravelmente, dependendo da cultivar e/ou região de produção do fruto.

Tabela 7 – Composto voláteis identificados em genótipos de mamão, grupo Solo, por SPME

Picos ^a	IR ^b	Compostos Voláteis ^c	Área(x 10 ⁻⁶) ^d				
			Sunrise	CPMF L60-08	CPMF L47-P8	CPMF L47-P5	CPMF H54-78
1	<800	3-hidróxi-2-butanona	nd	nd	8,23	nd	nd
2	<800	1-metóxi-2-propanol	nd	11,77	nd	nd	29,78
3	<800	4-hidróxi-4-metil-2-pentanona	nd	78,34	nd	nd	nd
4	<800	metil pentano	nd	nd	nd	20,46	17,03
5	<800	acetato de etila	nd	17,73	nd	nd	nd
6	<800	2-metil-3-buten-2-ol	7,55	nd	6,68	nd	nd
7	<800	2-metil-1-propanol	0,80	nd	nd	nd	nd
8	<800	3-metil-butanal	nd	nd	nd	1,92	nd
9	<800	1-penten-3-ol	1,95	35,00	nd	9,00	0,39
10	<800	2-pentanona	3,91	nd	6,52	nd	7,53
11	<800	pentanal	30,73	33,79	17,81	39,98	nd
12	<800	2-pentanol	2,75	nd	3,40	nd	7,67
13	<800	tiocianato de metila	nd	0,03	nd	nd	nd
14	<800	butanoato de metila	4,20	nd	7,24	nd	15,98
15	<800	3-metil-1-butanol	nd	8,00	1,56	40,50	nd
16	<800	2-metil-3-pentanona	1,49	nd	nd	nd	5,65
17	<800	(E)-2-pentenal	0,29	nd	nd	4,91	14,26
18	<800	1-pentanol	8,39	14,00	nd	16,69	0,11
19	<800	(Z)-2-penten-1-ol	3,21	nd	6,06	4,84	nd
20	<800	acetato de butila	nd	4,00	nd	nd	nd
21	<800	acetato de isobutila	14,04	nd	nd	3,03	22,33
22	<800	3-penten-2-ol	nd	nd	nd	nd	2,35
23	<800	3-metil-2-butenol	nd	nd	nd	3,21	nd
24	<800	3-metil-2-butenal	4,31	nd	nd	nd	nd
25	<800	hexanal	nd	nd	85,08	nd	nd
26	<800	butanoato de etila	1,60	nd	nd	5,49	11,61
27	821	(E)-2-hexenal	nd	23,66	nd	29,59	56,37
28	833	butanoato de propila	3,00	nd	117,20	25,21	22,64
29	856	<i>p</i> -xileno	3,96	5,00	1,89	nd	11,58
30	870	acetato de isoamila	64,21	21,48	91,74	nd	100,00
31	879	<i>m</i> -xileno	nd	6,00	nd	nd	nd
32	880	etil benzeno	nd	nd	16,84	nd	nd
33	887	heptanal	73,86	59,48	1,84	49,40	nd
34	917	(E,E)-2,4-hexadienal	4,14	nd	nd	4,80	nd
35	924	hexanoato de metila	nd	nd	nd	7,74	22,12
36	944	1-butóxi-2-propanol	nd	nd	nd	1,35	nd
37	950	(Z)-2-heptenal	17,94	16,06	nd	10,77	24,70
38	956	benzaldeído	85,61	87,41	91,15	86,71	50,23
39	977	1-heptanol	nd	nd	nd	11,30	nd
40	980	ácido hexanóico	nd	nd	47,64	nd	58,34

Continua na próxima página

Continuação da Tabela 7.

Picos ^a	IR ^b	Compostos Voláteis ^c	Área (x 10 ⁶) ^d				
			Sunrise	CPMF L60-08	CPMF L47-P8	CPMF L47-P5	CPMF H54-78
41	997	octanal	38,34	35,43	32,59	86,71	nd
42	1001	(<i>E,E</i>)-2,4-heptadienal	48,61	82,30	nd	nd	58,42
43	1011	<i>p</i> -cimeno	nd	nd	nd	nd	80,27
44	1029	<i>m</i> -cimeno	nd	nd	nd	4,98	nd
45	1030	β -linalol	nd	16,00	16,73	nd	nd
46	1034	2-etil-1-hexanol	nd	nd	nd	57,21	nd
47	1039	eucaliptol	nd	nd	nd	48,86	26,13
48	1040	álcool benzílico	50,11	82,06	46,27	68,99	43,66
49	1043	4-terpineol	nd	34,96	9,67	nd	nd
50	1045	(<i>Z</i>)- β -ocimeno	18,13	nd	nd	nd	19,56
51	1055	γ -hexalactona	nd	59,29	31,22	39,63	62,53
52	1063	(<i>E</i>)-2-octenal	nd	nd	nd	16,98	nd
53	1084	δ -hexalactona	nd	15,28	nd	6,21	16,08
54	1098	nonanal	nd	nd	26,68	nd	nd
55	1124	ácido 2-etil hexanóico	nd	nd	nd	6,38	nd
56	1125	isocianato de benzila	65,40	nd	nd	nd	24,43
57	1129	octanoato de metila	nd	nd	nd	nd	1,18
58	1154	(<i>E,Z</i>)-2,6-nonadienal	nd	nd	nd	4,34	nd
59	1162	(<i>E</i>)-2-nonenal	34,13	13,00	nd	7,91	41,43
60	1169	epóxi linalol	53,98	78,75	nd	59,42	54,10
61	1184	octanoato de etila	nd	nd	82,44	9,09	nd
62	1232	benzotiazol	nd	nd	9,94	nd	nd
63	1246	γ -octalactona	58,03	nd	nd	nd	11,60
64	1265	(<i>Z</i>)-2-decenal	nd	nd	nd	nd	8,83
65	1269	β -citral	130,71	nd	nd	nd	173,23
66	1274	α -terpinoleno	nd	nd	24,77	23,16	nd
67	1287	δ -octalactona	130,91	83,73	nd	nd	nd
68	1492	β -ionona	nd	18,84	nd	nd	nd
69	1497	epóxido β -ionona	15,76	21,24	nd	7,68	40,47
70	1559	ácido dodecanóico	nd	nd	35,80	nd	nd

^a Picos listados de acordo com seus tempos de retenção nos cromatogramas.

^b Índice de Retenção calculado, usando uma série de n-alcenos como referência.

^c Compostos identificados por espectros de massa (MS) utilizando o banco de dados NIST, comparação de comparação de índice de retenção e espectro de massa.

^d Área relativa de cada composto volátil (Counts*10⁻⁶).

nd – Não detectável, presente em quantidade abaixo do limite de detecção ou não está presente.

Na variedade Sunrise foi encontrado pelo menos um composto em cada classe química mencionada, mas as classes majoritárias foram as dos aldeídos (34,4 %), terpenos (20,4 %) e lactonas (19,2 %) (Tabela 8 e Figura 11). No mamão Solo do Havai os compostos majoritários pertenciam a classe química dos terpenos (FLATH e FORREY, 1977). Nessa variedade foram considerados majoritários os seguintes compostos: δ -octalactona, β -citral, benzaldeído, heptanal, isocianato de benzila, acetato de isoamila, γ -octalactona, epóxi linalole álcool benzílico.

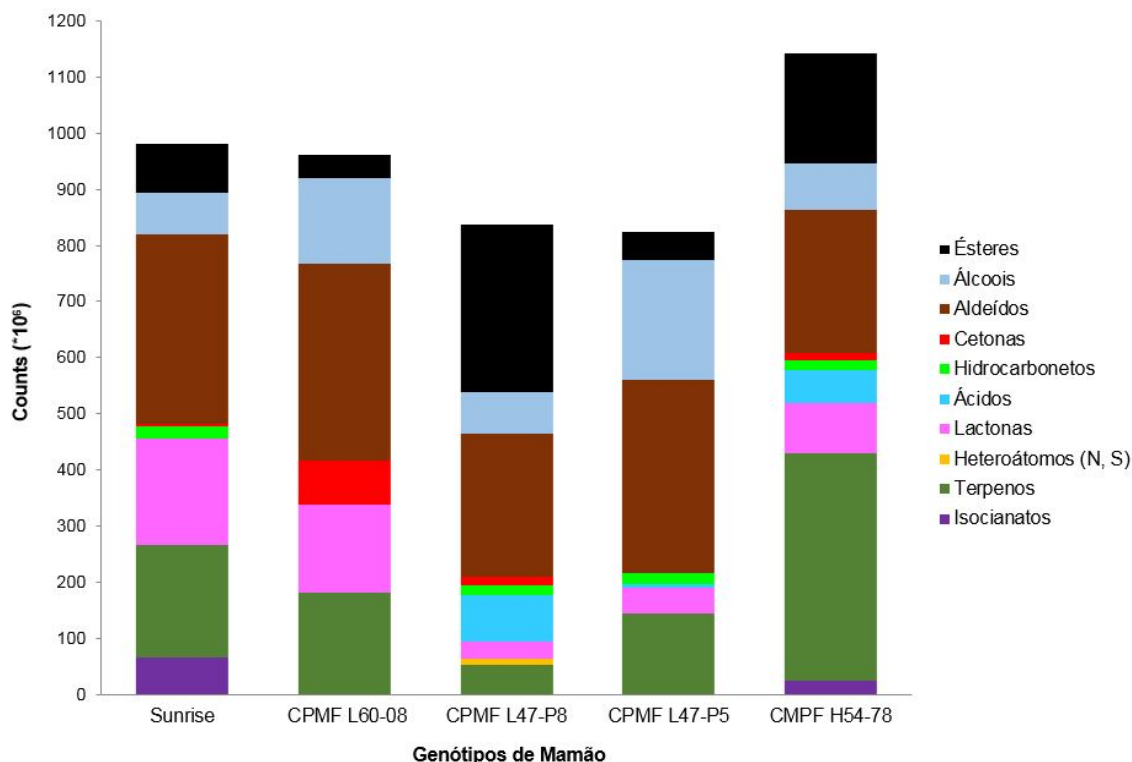
Tabela 8 – Percentual de área dos picos cromatográficos por classe química em genótipos de mamão, grupo Solo.

Classe química	Sunrise	CPMF	CPMF	CPMF	CPMF
		L60-08	L47-P8	L47-P5	H54-78
(%) Área ^a					
Ésteres	8,9	4,5	35,7	6,1	17,1
Álcoois	7,6	15,7	8,8	25,9	7,4
Aldeídos	34,4	36,5	30,5	41,7	22,3
Cetonas	0,55	8,1	1,8	nd	1,1
Hidrocarbonetos	2,3	nd	2,0	2,5	1,5
Ácidos	nd	nd	10,0	0,8	5,1
Lactonas	19,2	16,4	3,7	5,6	7,9
Heteroátomos (N, S)	nd	nd	1,2	nd	nd
Terpenos	20,4	18,8	6,4	17,5	35,4
Isocianatos	6,7	nd	nd	nd	2,1

^a Percentual de área relativa calculada com base na área total do cromatograma (Counts*10⁻⁶) de cada genótipo (Sunrise: 982,06; CPMF L60-08: 962,59; CPMF L47-P8: 836,65; CPMF L47-P5: 824,43; CPMF H54-78: 1.142,57).

nd – Não detectável, presente em quantidade abaixo do limite de detecção ou não está presente.

Figura 11 – Área dos picos cromatográficos por classe química em genótipos de mamão, grupo Solo.



O genótipo CPMF L60-08 mostrou semelhança com a variedade Sunrise na maioria das classes químicas, com diferenciação quanto à ausência de isocianato e aumento de compostos cetônicos (8,1 %) (Tabela 8). Entre os compostos majoritários, houve predominância dos aldeídos (benzaldeído, (*E,E*)-2,4-heptadienal e heptanal), seguidos das lactonas (γ -hexalactona, e δ -octalactona), álcool (álcool benzílico) e terpenos (epóxi linalol).

O genótipo CPMF L47-P8 apresentou elevada constituição de ésteres (35,7 %), presença de compostos ácidos (10 %) e heteroátomos (1 %), e redução no número de lactonas (3,7 %) e terpenos (6,4 %). Sua constituição exibiu 5 compostos majoritários das classes químicas dos ésteres (butanoato de propila, acetato de isoamila, octanoato de etila) e aldeídos (benzaldeído e hexanal).

Já o genótipo CPMF L47-P5 exibiu um perfil de compostos voláteis próximo à variedade Sunrise e ao CPMF L60-08, contudo, apresentou alto percentual de álcoois (25 %) e ausência de isocianatos. Identificou-se também 5 voláteis majoritários, sendo as classes químicas predominantes a dos aldeídos

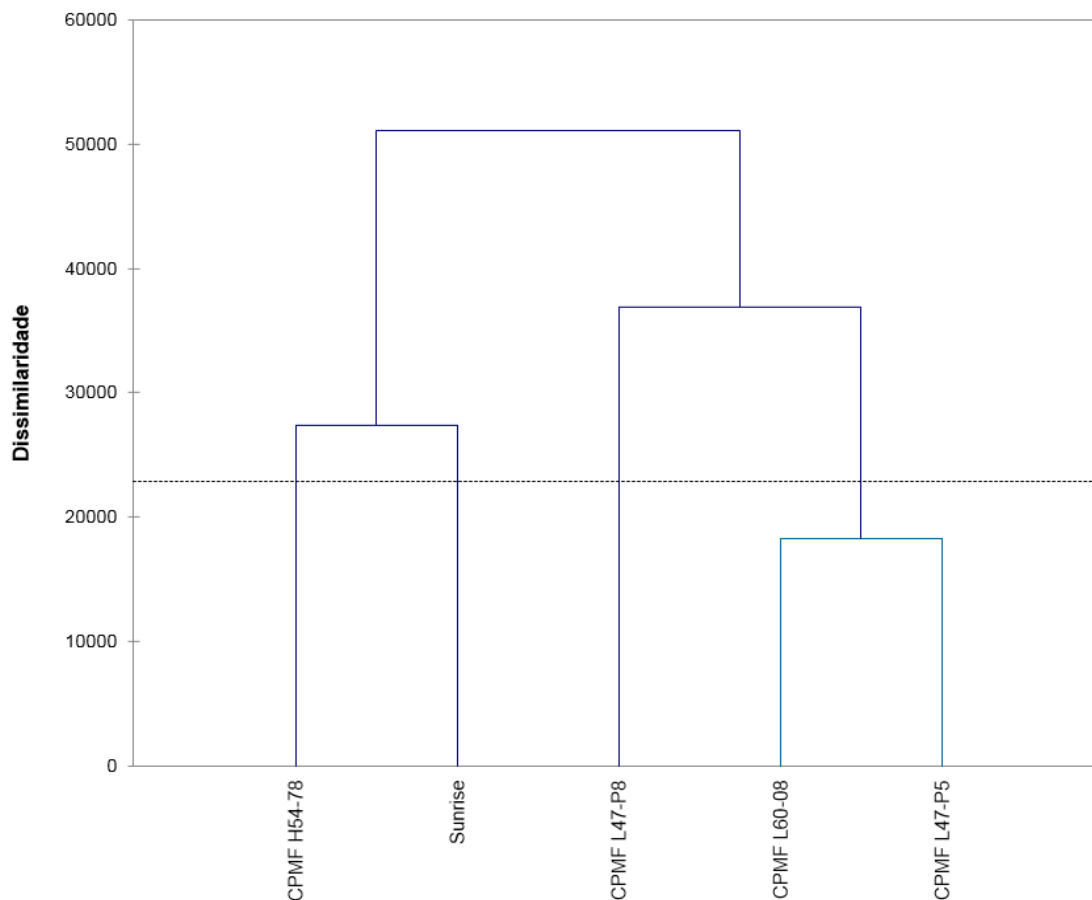
(benzaldeído e octanal), seguidos de álcoois (2-etil-1-hexanol e álcool benzílico) e monoterpenos (epóxi linalol).

Observa-se que o genótipo CPMF H54-78 apresentou maior contagem de área no cromatogramas dos voláteis da polpa quando comparado com os outros genótipos e a variedade comercial, contudo, não apresentou perfil de voláteis semelhante à variedade Sunrise. No perfil do CPMF H54-78 observou-se maior percentual de terpenos (34,5 %), ésteres (17,1 %) e a presença de ácidos (5,1 %). Os compostos majoritários presentes nesse genótipo foram identificados como β -citral, ρ -cimeno e epóxi linalol (terpenos), acetado de isoamila (éster), γ -hexalactona (lactona), (*E,E*)-2,4-heptadienal, (*E*)-2-hexanal e benzaldeído (aldeídos) e ácido hexanóico (hidrocarboneto).

5.2.1. Agrupamento hierárquico (*Cluster Analysis*) dos genótipos de mamão grupo Solo quanto ao perfil de compostos voláteis

O resultado da análise de *cluster* dos compostos voláteis é demonstrado na Figura 12, onde se verifica a tendência para a formação de quatro grupos. O primeiro grupo é formado pelos genótipos CPMF L60-08 e CPMF L47-P5 que apresentam compostos voláteis similares. Os segundo, terceiro e quarto grupos são, respectivamente, os genótipos CPMF L47-P8, Sunrise e CPMF H54-78, que foram isolados por apresentar perfis diferentes entre si.

Figura 12 –Dendrograma da análise de *Cluster* de genótipos de mamão grupo Solo.



5.2.2. Análise de componentes principais (ACP) do perfil de compostos voláteis

Os perfis de compostos voláteis dos 4 genótipos e da cultivar comercial de mamão do grupo Solo foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP). A matriz de dados foi obtida a partir dos dados da identificação dos compostos voláteis conjuntamente com suas áreas cromatográficas. As duas primeiras componentes (F1 e F2) conseguiram explicar 61,51 % da variação entre as amostras (Tabela 9, % acumulado).

Tabela 9 – Autovalores e percentual acumulados das componentes principais.

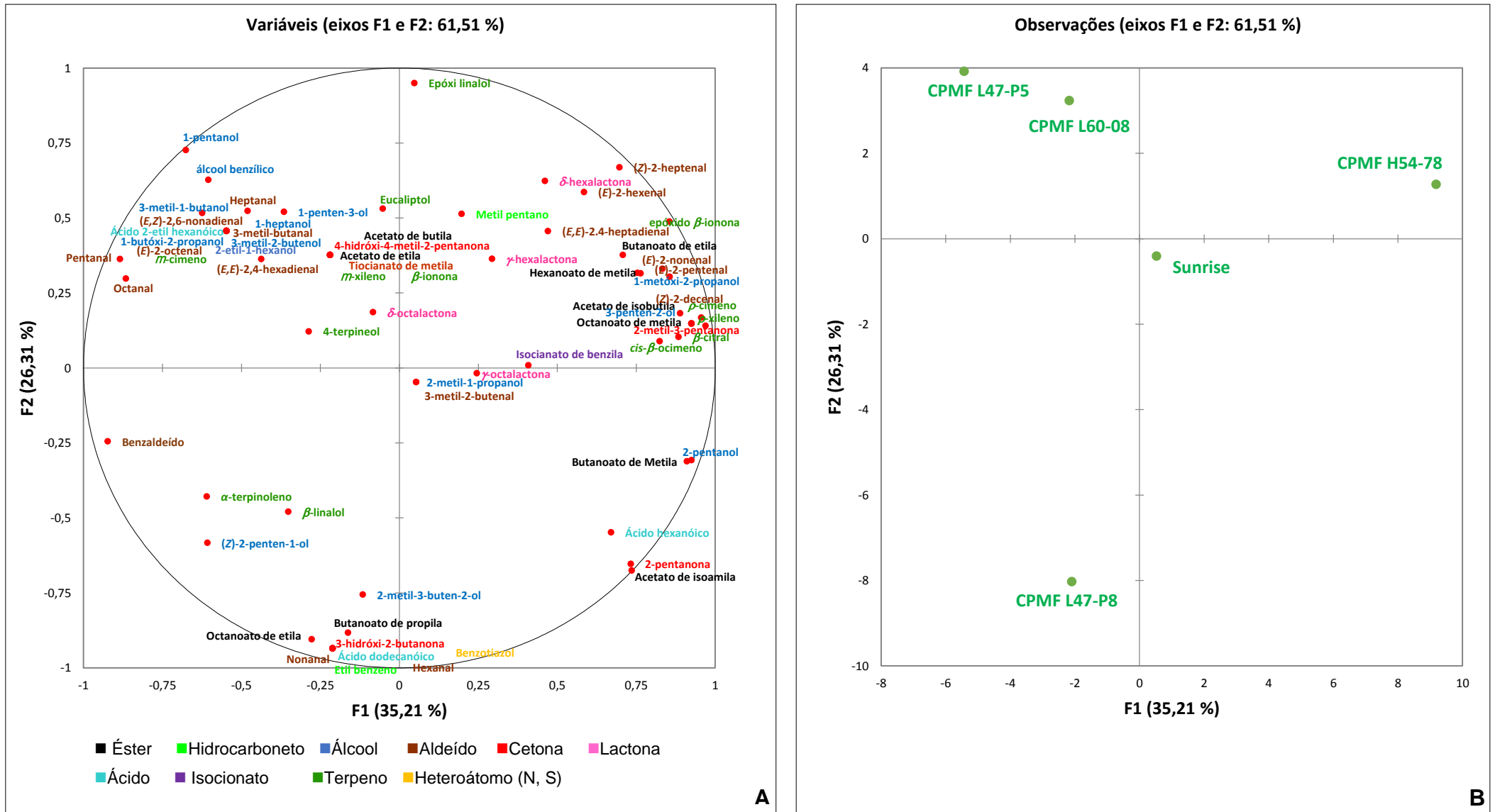
	F1	F2	F3	F4
Autovalor	24,64	18,42	15,81	11,13
Variabilidade (%)	35,21	26,31	22,59	15,90
% acumulada	35,21	61,51	84,10	100,00

A primeira componente (F1) discriminou claramente o genótipo CPMF H54-78 das amostras CPMF L60-08, CPMF L47-P5 e CPMF L47-P8 (Figura 13). Esse genótipo é caracterizado pelos constituintes voláteis do quadrante superior direito, com predominância de aldeídos insaturados (6), ésteres (4) e terpenos (5). Já os genótipos CPMF L47-P5 e CPMF L60-08 foram caracterizados pela maioria dos compostos pertencentes às classes dos álcoois (8) e aldeídos (4 saturados e 3 insaturados), de grande importância no lado negativo da F1.

Por sua vez, o CPMF L47-P8 ficou isolado no inferior esquerdo, indicando que apresenta baixa presença da maioria dos compostos voláteis presentes nos demais genótipos de mamão do grupo Solo. Esse genótipo foi também separado pela componente F2, devido a sua ausência de epóxi-linalol (Tabela 7).

A variedade Sunrise ficou localizada bem próximo ao centro do gráfico, indicando que essa amostra apresenta quantidades equilibradas da maioria dos compostos detectados. Observa-se ainda que a Sunrise ficou próxima ao composto isocianato de benzila, um de seus compostos majoritários que não foi detectado nas amostras dos genótipos CPMF L60-08, CPMF L47-P5 e CPMF L47-P8.

Figura 13 –Análise de Componente Principal dos compostos voláteis em genótipos de mamão, grupo Solo, por HS-SPME. (A). Gráfico dos pesos (compostos voláteis) das componentes principais F1 e F2 da ACP. (B). Gráficos dos escores (genótipos) das componentes principais F1 e F2 da ACP.



5.3. Avaliação da Qualidade Sensorial

O público participante dos testes sensoriais foi formado predominantemente por mulheres jovens, na faixa de 18 a 35 anos (70 %). Na Tabela 10 observa-se que as amostras em estudo diferiram entre si quanto à aceitação da aparência externa e interna, ao nível de erro de 5 %. A variedade comercial Sunrise atingiu valor hedônico médio 6,6 para aparência externa e 7,21 para aparência interna, ambos correspondentes à categoria “gostei” da escala hedônica. É comum que os valores hedônicos atribuídos a produtos já consagrados no mercado e bem aceitos pela população não atinjam o máximo da escala. Albertini et al. (2016) e Trigo et al. (2012), estudando o efeito de tratamentos químicos com cinamaldeído e cloreto de cálcio e de revestimentos à base de carboidratos, respectivamente, no armazenamento de mamão minimamente processado obtiveram valores hedônicos de 6,6 a 7,7 para aceitação da aparência da amostra controle (sem tratamento químico ou revestimento) durante 12 dias de armazenamento a 5 °C, ou seja, a mesma faixa de valores médios atribuídos pelos consumidores à amostra Sunrise deste estudo.

Os genótipos CPMF L47-P8 e CPMF L60-08 apresentaram médias de aceitação da aparência externa semelhantes à variedade comercial Sunrise e superior aos genótipos CPMF L47-P5 e CPMF H54-78, as quais apresentaram baixo Índice de Aceitabilidade (IA), 54 % e 36 %, respectivamente. No entanto, quanto à aparência interna, as amostras CPMF H54-78 e CPMF L60-08 destacaram-se por sua boa aceitação, mantendo-se com médias em torno de 7 (“gostei”) e IA > 85 %, sem diferir da Sunrise. De modo inverso, as amostras CPMF L47-P8 e CPMF L47-P5 não apresentaram boa aceitação da aparência interna, com médias na região de indiferença da escala hedônica (nem gostei, nem desgostei) e IA inferior a 70 %. De uma forma geral, a amostra CPMF L60-08 foi a única que apresentou aparência externa e interna semelhantes à variedade comercial Sunrise, destacando-se dentre as demais, para ambos os atributos avaliados.

No estudo de avaliação sensorial de 12 genótipos melhorados de mamão Solo realizado por Santana et al. (2004), os valores hedônicos médios de dois

anos consecutivos para aparência e cor variaram de 6,2 a 7,7 para a grande maioria das amostras analisadas, porém, no segundo ano de avaliação, o genótipo CMF 020 se destacou, atingindo média 8,0 (correspondente a “gostei muito”) para ambos os atributos, enquanto os genótipos CMF018, CMF019 e CMF047 apresentaram baixa aceitação para cor, na região da indiferença da escala hedônica (valores em torno de 5).

Tabela 10 – Médias hedônicas e Índice de Aceitação (IA) da aparência externa e interna de genótipos de mamão grupo Solo.

Genótipos	Aparência Externa		Aparência Interna	
	Média hedônica ¹	Índice de Aceitação IA (%)	Média hedônica ¹	Índice de Aceitação IA (%)
Sunrise	6,66 ^a	84	7,21 ^a	96
CPMF L47-P8	6,50 ^a	82	5,72 ^b	68
CPMF L47-P5	5,12 ^b	54	4,68 ^c	48
CPMF L60-08	6,26 ^a	82	6,77 ^a	85
CPMF H54-78	4,26 ^c	36	6,80 ^a	89

*Médias com mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

¹Valores da Escala Hedônica: 9 – gostei muitíssimo; 8 – gostei muito; 7 – gostei; 6 – gostei pouco; 5 – nem gostei/nem desgostei; 4 – desgostei pouco; 3 – desgostei; 2 – desgostei muito e 1 – desgostei muitíssimo.

Os resultados do teste de aceitação global após a degustação e do diagnóstico de atributos dos 5 genótipos testados estão expressos na Tabela 11. As amostras CPMF L47-P8 e CPMF L47-P5 também não apresentaram bom desempenho na degustação, com médias hedônicas entre 5,0 e 6,0, diferindo da Sunrise, e IA menores que 70 %. Por sua vez, as amostras CPMF L60-08 e CPMF H54-78 apresentaram a mesma aceitabilidade da Sunrise, com média hedônica maior que 7,0, correspondente a “gostei” e elevado Índice de Aceitação (90 %). Jayahunge et al. (2014) também consideraram aceitas pelos consumidores as amostras frescas de mamão cortadas em cubos que atingiram mediana de valores hedônicos para aceitação global entre 6 e 7.

Santana et al. (2004) relatam que frutos de mamão Solo de cor vermelho-alaranjada foram mais apreciados que os frutos de coloração amarela, os quais atingiram médias hedônicas correspondentes a “desgostei ligeiramente”.

A Figura 14 representa o perfil sensorial dos genótipos de mamão, em relação à intensidade dos atributos, de acordo com o julgamento dos consumidores. Os genótipos CPMF L47-P8 e CPMF L47-P5 apresentaram perfil semelhante entre si, mas bem distinto da Sunrise. Apesar de apresentarem textura mais firme, a cor da polpa, o sabor e o aroma foram menos intensos que a variedade comercial, o que pode ter contribuído para uma aceitação global mais baixa, na faixa de indecisão (nem gostei/nem desgostei). Por sua vez, os genótipos CPMF L60-08 e CPMF H54-78 diferiram entre si e da Sunrise apenas quanto à cor da polpa, sendo CPMF H54-78 o genótipo de coloração mais intensa e CPMF L60-08 de coloração menos intensa que a variedade comercial. Santana et al (2004) observaram diferença entre os genótipos de mamão Solo estudados em relação à aceitação do aroma, sabor e textura, indicando que esses materiais apresentavam diferenças no seu perfil de atributos sensoriais, pois se as amostras fossem semelhantes não apresentariam diferença na sua aceitabilidade.

A atitude de compra em relação aos genótipos melhorados de mamão do grupo Solo está ilustrada na Figura 15. Observa-se que ambos os genótipos CPMF L47-P8 e CPMF L47-P5 não demonstraram atratividade para o consumidor em nenhum dos quesitos avaliados. Por outro lado, os genótipos CPMF H54-78 e CPMF L60-08 obtiveram elevada atitude positiva, na situação hipotética de compra, quanto à aparência interna e paladar, mas nenhum genótipo atingiu o nível de satisfação do consumidor em relação à aparência externa, gerado pela variedade comercial.

Tabela 11 – Médias da aceitação global, Índice de Aceitação (IA) e intensidade dos atributos sensoriais dos genótipos de mamão do grupo Solo.

Genótipos	Aceitação Global ¹	IA (%) ²	Cor da Polpa	Aroma	Sabor	Textura na Boca
Sunrise	7,20 ^a	90	5,50 ^b	5,02 ^a	5,94 ^a	4,80 ^b
CPMF L47-P8	5,30 ^b	62	3,86 ^c	3,66 ^b	3,70 ^b	6,62 ^a
CPMF L47-P5	5,63 ^b	65	4,04 ^c	3,78 ^b	4,04 ^b	6,68 ^a
CPMF L60-08	7,28 ^a	96	4,64 ^c	5,10 ^a	5,88 ^a	4,28 ^b
CPMF H54-78	7,10 ^a	90	6,40 ^a	4,72 ^a	5,79 ^a	4,38 ^b

*Médias com mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

¹Valores da Escala Hedônica: 9 – gostei muitíssimo; 8 – gostei muito; 7 – gostei; 6 – gostei pouco; 5 – nem gostei/nem desgostei; 4 – desgostei pouco; 3 – desgostei; 2 – desgostei muito e 1 – desgostei muitíssimo

²Índice de Aceitação (IA)

Figura 14 – Perfil sensorial dos genótipos de mamão grupo Solo.

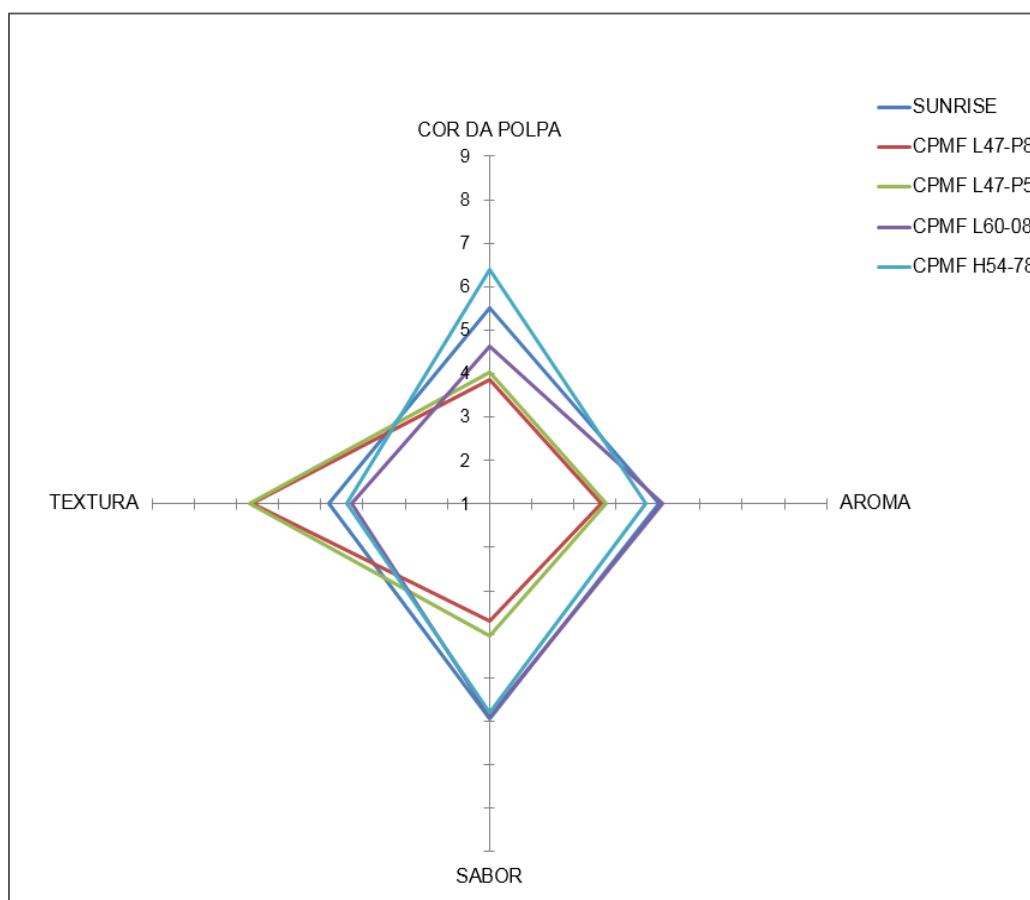
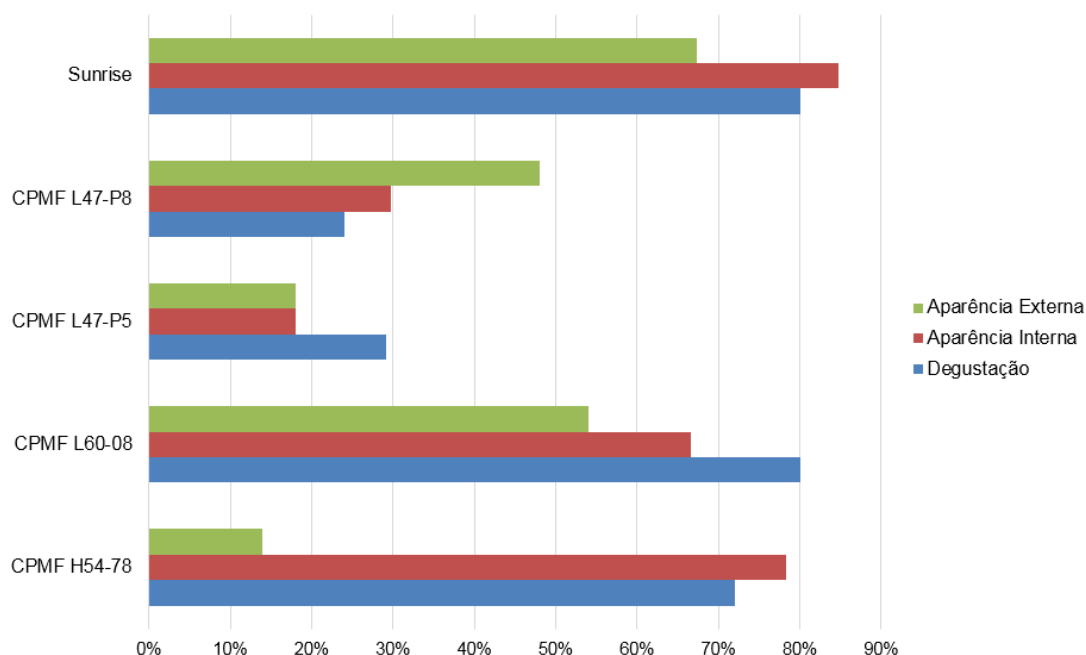


Figura 15 – Atitude de compra dos consumidores para aparência externa, aparência interna e na degustação dos genótipos de mamão.



5.4. Correlação entre os compostos voláteis com análise sensorial

As correlações entre os dados sensoriais e os compostos orgânicos voláteis foram representadas visualmente por análise multivariada denominada de Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS), tendo em vista que a percepção sensorial é influenciada pelo perfil de compostos voláteis (LAWLESS e HEYMANN, 2010). O modelo explicou 99,9 % da variação em X (compostos voláteis) e 75,2 % da variação em Y (sensorial). A estatística da bondade de ajuste dos dados sensoriais mostra a qualidade do modelo predito em relação ao observado na regressão via PLS, observando-se que as variáveis aceitação, aroma e sabor possuíram alto coeficiente de correlação quadrática (R^2) igual 0,999, 0,998 e 0,999 respectivamente.

Como mostra a Figura 16, o mamão do genótipo CPMF L60-08 localiza-se próximo à variedade comercial Sunrise, indicando alta correlação entre si. Esses genótipos apresentaram também alta correlação com os compostos voláteis do quadrante superior direito do gráfico, que por sua vez correlacionaram-se positivamente com os atributos sensoriais de aroma e sabor

característicos de mamão e com a aceitação global. Ou seja, essas amostras apresentaram maior intensidade de aroma e sabor que as demais amostras e foram as mais aceitas pelos consumidores.

Dentre esses compostos, destaca-se a presença de β -ionona (odor frutal e amadeirado), epóxido linalol (odor amadeirado) e isocianato de benzila (mamão), os quais foram identificados por Pino (2014). Já nas pesquisas de Van Gemert e Nettenbreijer (1977) indicaram que o γ -octalactona (odor doce e herbal) também favorece a formação do aroma e sabor característicos do mamão, pois possuem qualidade odorífera importante. Apesar de Idstein e Schreier (1984) afirmarem que os ésteres na variedade Solo não contribuem para a formação total do aroma de mamão, os compostos acetato de butila, acetato de etila e tiocianato de metila apresentaram alta correlação com a intensidade de aroma e sabor. Além disso, a grande maioria dos ésteres ficou alocada no lado direito do gráfico, região da direção de aumento da intensidade do aroma e sabor, indicando que esses compostos também contribuem, mesmo que em menor grau, para o aroma do mamão.

Os genótipos CPMF L47-P5 e CPMF L47-P8 apresentaram anti correlação do seu perfil de compostos orgânicos voláteis com a análise sensorial. Assim, os compostos voláteis presentes nesses genótipos não se mostraram decisivos para a formação do aroma e sabor característico de mamão e dessa maneira, refletem a baixo nível de aceitação perante os consumidores.

O perfil de voláteis do CPMF H54-78 não exibiu correlação com a análise sensorial e dessa forma seus compostos orgânicos voláteis não se mostraram decisivos para o consumidor mesmo que tenha apresentado um rico perfil de compostos voláteis.

6. CONCLUSÕES

A melhor condição de extração dos compostos voláteis do mamão pela técnica de microextração em fase sólida do *headspace* (HS-SPME) são 15 minutos de tempo de equilíbrio e 60 minutos de tempo de exposição da fibra.

Os genótipos CPMF L60-08 e CPMF L47-P5 apresentam perfil de compostos voláteis semelhantes entre si e são os que mais se aproximam da variedade Sunrise. Os genótipos CPMF H54-78 e CPMF L47-P8 apresentam perfis de voláteis singulares, diferentes dos demais genótipos estudados.

Quanto às características sensoriais, os genótipos CPMF L47-P8 e CPMF L47-P5 são semelhantes entre si, com textura mais firme e menor intensidade da cor da polpa, aroma e sabor que Sunrise, apresentando pouca atratividade para o consumidor e, conseqüentemente, menor aceitabilidade. O genótipo CPMF H54-78 apresenta boas características sensórias na degustação, porém foi rejeitado quanto à aparência externa. O genótipo CPMF 60-08 apresenta mesma aceitabilidade e alta similaridade com a variedade comercial, apesar da cor da polpa menos intensa.

Os compostos com importância odorífera (β -ionona, γ -octalactona, epóxi linalol e isocianato de metila) estão presente no genótipo CPMF L60-08 e esses compostos apresenta alta correlação com os atributos sensoriais identificados no genótipo Sunrise.

Os resultados da correlação multivariada confirmam a superioridade do genótipo CPMF L60-08, o qual apresenta alta correlação com a variedade Sunrise e com os atributos sensoriais. Assim, o presente trabalho indica esse genótipo como o promissor para substituir a variedade Sunrise (não resistente a pragas e doenças), preservando o sabor e aroma característico de mamão.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4. ed. Illinois: Allured books, 2007. 804 p.
- ALBERTINI, S.; LAI REYES, A. E.; TRIGO, J. T.; SARRIÉS, G. A.; SPOTO, M. H. F. Effects of chemical treatments on fresh-cut papaya. **Food Chemistry**. v.190, p. 1182-1189, 2016.
- ALMORA, K.; PINO, J. Evaluation of volatiles from ripening papaya (*Carica papaya* L., var. Maradol roja). **Food Chemistry**. v. 86. p. 127-130. 2004
- ALVES, F. L.; GALVEAS, P. A. O.; FULIN, E. A.; FILHO, N. D; VENTURA, J. A. Seleção de plantas matrizes de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Improved sunrise solo - 72/12 para produção de sementes. In: MENDES, L. G.; DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G. (Orgs). **Mamão no Brasil**. Cruz das Almas: EAUFBA; EMBRAPA-CNPMF, p. 145-158. 1996.
- AMERINE, M. A.; PANGBORN. R. M.; ROESSLER, E. B. **Principles of Sensory Evaluation of Food**. New York: Academic Press, 1965. 602 p.
- AQUINO NETO, F. R.; NUNES, D. S. S. **Cromatografia: princípios básicos e técnicas afins**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 187 p.
- ARTHUR, C. L.; PAWLISZYN, J. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. **Analytical Chemistry**. v. 62. p. 2145-2148.1990.
- AUGUSTO, F.; VALENTE, A. L. P. Applications of solid-phase microextraction to chemical analysis of live biological samples. **Analytical Chemistry**. v. 21: p. 428-438, 2002.
- AUGUSTO, F.; VALENTE, A. L. P.; TADA, E. S.; RIVELLINO, S. R. Screening of Brazilian fruit aromas using solid-phase microextraction-gas chromatography–mass spectrometry. **Journal Chromatography**. v. 873, p. 117-127, 2000.
- AZAD, Md. A. K.; AMIN, L.; SIDIK, N. M. Gene Technology for Papaya Ringspot Virus Disease Management. **The Scientific World Journal**. v. 2014. p. 11. 2014
- BALBONTÍN, C.; GAETE-EASTMAN, C.; VERGARA, M.; HERRERA, R.; MOYA-LEÓN, M. A. Treatment with 1-MCP and the role of ethylene in aroma development of mountain papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, p. 67–77. 2007.
- BALDWIN, E. Fruit flavor, volatile metabolismo, and consumer perception. In: M. Knee (Ed). **Fruit quality and its biological basis**. New Zealand: CRC Press, 2002. 279 p.

BASTOS, D. H. M.; **Compostos voláteis de méis de eucalipto e laranja**. 1996. 148 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1996.

BERGER, R. G.; KRINGS, U.; BANAVARA, D. S. Thin layer high vacuum distillation to isolate the flavor of high-fat food. **European Food Research and Technology**. v. 217. p. 70-73. 2003.

CANUTO, K. M.; GARRUTI, D. S; MAGALHÃES, H.C.R. **Microextração em fase sólida: método analítico prático para extração de compostos voláteis de frutas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 5 p.

CHANDRIKA, U. G.; JANSZ, E. R.; WICKRAMASINGHE, S. M. D. N.; Warnasuriya, N.D. Carotenoids in yellow-and red – fleshed papaya (*Carica papaya* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**. London, v.83, p.1279-1282, 2003.

CHARVE, J. I. M. **Prediction on mandarin juice flavor: a flavoromics approach**. 2011. 193 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Pós-Graduação, Universidade de Minnesota. 2011.

CIVILLE, G. V.; OFTEDAL, K. N. Sensory evaluation techniques- Make “good for you” taste “good”. **Physiology and Behavior**. v. 102. p. 598-605. 2012.

COSTA, A. R. **Ozônio como agente fungicida na pós-colheita do mamão (*Carica papaya* L.)**. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2012.

DA SILVA, M. A. A. P.; CENDES, F. Sensory: Human Biology and Physiology. In: NOLLET, L.; BOYLSTON, T.; CHEN, F.; COGGINS, P. C.; GLORIA, M. B.; HYLDIG, G.; KERTH, C. R. ; HUI, Y. H. (Orgs). **Handbook of meat Poultry & Sea food Quality**. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. 15 p.

DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, E. J. O melhoramento genético do mamoeiro: avanços, desafios e perspectivas. In: I Simpósio Nordestino de Genética e Melhoramento de Plantas, 2009, Fortaleza -CE. **O melhoramento genético no contexto atual**. Fortaleza - CE: Embrapa Agroindústria Tropical, v. 1. 2009. p. 151-180.

DATABASE OF PHEROMONES AND SEMIOCHEMICALS - PHEROBASE. **Índice de Kovats**. Disponível em: <http://www.pherobase.com/>. Acesso em 15 Dez. 2015.

DE VOS, R. C. H.; TIKUNOV, Y.; BOVY, A. G.; HALL, R. D. Flavour metabolomics: holistic versus targeted approaches in flavour research. In: 12th Weurman Symposium, 2008, Interlaken. **Expression of multidisciplinary**

flavour science. Interlaken – Switzerland: Zürcher Hochschule für Angewandte and Institut Für Chemie und Biologische Chemie, 2008. p. 573-580.

DIAS, N. L. P.; OLIVEIRA, E. J.; DANTAS, J. L. L. Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimação de parâmetros genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, DF, v. 46, n. 11, p. 1471-1479, 2011.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos.** 3 ed. Curitiba: Champagnet. 2011. 123 p.

FACUNDO, H. V. V. **Armazenamento a baixas temperatura de diferentes cultivares de banana: efeito nos atributos de qualidade.** 2013. 180 f Tese (Doutorado em ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

FACUNDO, H. V. V. **Mudanças no perfil sensorial e de voláteis do suco de abacaxi concentrado durante o processamento.** 2009. 82 f. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

FERNADEZ, X.; DUNACH, E.; FELLOUS, R.; LIZZANI-CUVELIER, L.; LOISEAU, M. DOMPE, V.; COZZOLINI, F. GEORGE, G.; ROCHARD, S. SCHIPPA, C. Identification of thiazolidines in guava: stereochemical studies. **Flavour and Fragrance Journal,** v. 16, p. 274-280, 2001.

FERRÃO, T. S. **Compostos voláteis e parâmetros de qualidade de diferentes genótipos de frutos de *Butia odorata*.** 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

FISHER, N.; HAMMERSCHMIDT, F. J.; BUNKE, E. J. A Contribution to the analysis of the flavor of cupuaçu fruit (*Theobroma grandilorum Spreng.*) **Fruit Processing.** v. 3, p. 61-65. 1995.

FLATH, R. A.; FORREY, R. R. Volatile Components os Papaya (*Carica papaya L.*, Solo Variety). **Journal of Agricultural and Food chemistry.** v. 25. p. 103-109. 1977.

FLATH, R. A.; LIGHT, D. M.; JANG, E. B.; MON, T. R.; JOHN, J. O. Headspace examination of volatile emissions from ripening papaya (*Carica papaya L.* Solo variety). **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** v. 38. p. 1060-1063. 1990.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Faostat.** 2014. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em 10/12/2015.

FRANCO, M. R. B., RODRIGUEZ-AMAYA, D. R., DAMÁSIO, M.H., LLANOS-CARRILLO, J.L. Componentes voláteis e sabor em mamão: uma reavaliação. **Alimentos e Nutrição**. v. 5, p. 99-107. 1994.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Aroma de Frutas Tropicais: Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M. R. B. (Orgs). **Aroma e sabor de alimentos**: Temas atuais. São Paulo, Editora Varela, 2004.

FRANCO, M. R. B.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Trapping of soursop (*Annona muricata*) juice volatiles on Poropak Q by suction. **Journal Science of Food and Agriculture**. v. 34, p. 293-9, 1983.

FUGATTE, P.; WONGS-AREE, C.; NOICHINDA, S.; KANLAYANARAT, S. Quality and volatile attributes of attached and detached 'Pluk Mai Lie' papaya during fruit ripening. **Scientia Horticulturae**. v. 126, p.120-129, 2010.

GALVÃO, M. S.; NARAIN, N.; SANTOS, M. S. P.; NUNES, M. L. Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (*Spondias tuberosa*) fruits maturation. **Food Research International**. v. 44, p. 1919-1926, 2011.

GARRUTI, D. S. **Composição de voláteis e qualidade de aroma de vinho de caju**. 2001. 204 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

GIACOMETTI, D. C.; FERREIRA, F. R. Melhoramento genético do mamão no Brasil e perspectivas. In: RUGGIERO, C. **Mamão. Jaboticabal**: FCAV/UNESP, 1988. 11 p.

GROB, K. Injection techniques in capillary GC. **Analytical Chemistry**. v. 66. p. 1009-1019, 1994.

GROB, K.; ROMANN, A. Sample transfer in splitless injections in capillary gas chromatographic. **Journal Chromatography**. v. 214, p. 118-121, 1981.

GROB, R. L.; KAISER, M. A. Qualitative and Quantitative Analysis by Gas Chromatography. In: GROB, R. L.; BERRY, E. F. (Orgs). **Modern Practice of Gas Chromatography**. 4 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2004. 1064 p.

HINSHAW, J. V. Optimization of separations and computer assistance. In: GROB, R. L.; BERRY, E. F. (Orgs). **Modern Practice of Gas Chromatography**. 4 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2004. 1064 p.

IBÁÑEZ, E.; LÓPEZ-SEBASTIAN, S.; RAMOS, E.; TABERA, J.; REGLERO, G. Analysis of volatile fruit components by headspace solid phase microextraction. **Food Chemistry**. v. 3, p. 281-286. 1998.

IDSTEIN, H.; SCHREIER, P. Aromastoffe der papaya frucht (*Carica papaya* L. var. Solo). **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**. v. 18. p. 164-169.1985.

IDSTEIN, H.; SCHREIER, P. New results in tropical flavor analysis. In: ADDA, J. (Orgs). **Progress in Flavor Research**. Amsterdam: Elsevier, 1984. 267 p.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS - IFT. Sensory guide for testing food and beverage products. Sensory Evaluation Division – **Food Technology**. v. 35, n. 11, p. 50-59, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes**. Rio de Janeiro, RJ, 2013. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=p&o=28&i=P>> Acesso em: 12/07/2015.

JAYATHUNGE, K. G. L. R.; GUNAWARDHANA, D. K. S. N.; ILLEPERUMA, D. C. K., CHANDRAJITHM, U. G., THILAKARATHNE, B. M. K. S., FERNANDO, M. D., PALIPANE, K. B. Physico-chemical and sensory quality of fresh cut papaya (*Carica papaya*) packaged in micro-perforated polyvinyl chloride containers. **Journal Food Science and Technology**. Berlin, v.51, n.12, p.3918-3925. 2014.

JENNINGS, W. G.; FILSOOF, M. Comparison of sample preparation techniques analysis. **Journal Science Food Agriculture**. v. 25, p. 440-445, 1977.

JONES, L. V.; PERYAM, D. R.; THURSTONE, L. L. Development of a scale for measuring soldier's food preferences. **Food Research**. v. 20. p. 512-520. 1955.

KABOT, F. J.; ETTRE, L. S. Analysis of naphthalene homologs by gas chromatography. **Analytical Chemistry**. v. 36. p. 250-252. 1964.

KATAOKA, H.; LORD, H. L.; PAWLISZYN, L. Applications of solid-phase microextraction in food analysis. **Journal Chromatography**. v. 880. p. 35-62. 2000.

KELEBEK, H.; SELLI, S.; GUBBUK, H.; GUNES, E. Comparative evaluation of volatiles, phenolics, sugars, organic acids and antioxidant properties of Sel-42 and Tainung papaya varieties. **Food Chemistry**. v. 173. p. 912-919. 2015.

KHURI, A. I.; CORNELL, J. A. **Response surfaces: designs and analyses**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1996. 510 p.

KIEFL, J.; POLLNER, G.; SCHIEBERLE, P. Sensomics analysis of key hazelnut odorants (*Corylus avellana* L. 'Tonda Gentile') using comprehensive two-dimensional gas chromatography in combination with time-of-flight mass spectrometry (GC×GC-TOF-MS). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 61. p. 5226-5235. 2013.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; FILHO, A. B.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. São Paulo: AGRONÔMICA Ceres, 2005. 706 p.

KOLB, B. Headspace sampling with capillary column. **Journal Chromatography**. v. 842, p. 163-205, 1999.

KOVATS, E. The retention index system. In: J.C. Giddings and R.A. Keller (Orgs) **Advances in chromatography**. vol. I, New York: Marcel Dekker, Inc., p. 229-247. 1965.

LANÇAS, F. M. **Cromatografia em Fase Gasosa**. 1. ed. São Carlos: Acta Eventos, 1993. 240 p.

LANCASTER, B.; FOLEY, M. **Determining statistical significance for choose-all-that-apply question responses**. In: 7th Pangborn Science Symposium, 2007, Anais, Minneapolis, 2007.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: Principles and Practices**. 2 ed. New York: Springer, 2010. 587 p.

LUNA, J. V. U. Variedades de mamoeiro. **Informe Agropecuário**. v. 12, p.14-18. 1986.

MACFIE, H. J.H. **Assessment of the sensory properties of food**. Nutrition Reviews. v. 48, n.2, p. 87-93, 1990.

MacLEOD, A. J.; PIERIS, N. M. Volatile components of Papaya (*Carica Papaya L.*) with particular reference to glucosinolates products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 31. p. 1005-1008. 1983.

MANSHARDT, R. M. Papaya. In: HAMMERSCHLAG, F. A.; LITZ, R. E. (Orgs). **Biotechnology of perennial fruit crops**. Cambridge: University Press, 1992. 22 p.

MARIN, S. L. D.; GOMES, A. A.; SALGADO, J. S.; MARTINS, D. dos S.; FULLIN, E. A. **Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no Estado do Espírito Santo**. 4. ed. Vitória: EMCAPA. Circular Técnica, 1995. 57 p.

MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A.; RIZZO, J. G. **Curso Tecnologia de Produção de Fruteiras Tropicais no Cerrado - Cultura do mamão**. Brasília: EMBRAPA CERRADOS, 2000. 9 p.

MARTINS, D. S. **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas**. Vitória: In caper, 2005. 666 p.

MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: In caper, 2003. 497 p.

MEDINA, J. C. (Ed) **Mamão: cultura, matéria-prima, processamentos e aspectos econômicos**. 2 ed. Campinas: ITAL, 1989. 18 p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4 ed., Florida: CRC Press Inc, 2006. 464 p.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial Estudo de Consumidores**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 308 p.

MIYAZAWA, T. M. **Compostos voláteis da uvaia (*Eugenia pyriformis cambes*)**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2009.

MOLYNEUX, R. J.; SCHIEBERLE, P. Compounds identification: A journal of agricultural and food chemistry perspective. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 55, n. 12, p. 4625-4629, 2007.

MOSKOVITZ, H. R.; BECKLEY, J. H.; RESURRECION, A. V. A. **Sensory and consumer research in food product design and development**. 2 ed. New York: Wiley Blackwell, 2012. 440 p.

NAKASONE, H. Y. **Programa de melhoramento no Havaí. In: I Simpósio brasileiro sobre a cultura do mamoeiro**. 1988, Jaboticabal. Anais. v.1, p. 389-404. 1988.

NAKAYAMA, M; WESSMAN, C. Application of sensory evaluation to the routine maintenance of product quality. **Food Technology**. v. 33, p. 38-44. 1979.

National Institute of Standards and technology – NIST. **Índice de Kovats**. Disponível em: <http://webbook.nist.gov/chemistry/>. Acesso em: 15 Dez. 2015.

NICKERSON, G.; LIKENS, S. T. Gas chromatographic evidence for the occurrence of hop oil components in beer. **Journal of Chromatography**. 21, p. 1-5. 1966.

OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHOS, H. P. Doenças do mamoeiro. In: RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. (Orgs) **Mamão: fitossanidade**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 9 p.

OLIVEIRA, A. M.; PEREIRA, N. R.; Jr. MARSAIOLI, A.; AUGUSTO, F. Studies on the aroma of cupuassu liquor by headspace solid-phase microextraction and gas chromatography. **Journal of Chromatography A**. v. 1025, p. 115-124. 2004.

OLIVEIRA, E. J.; LIMA, D. S.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N.; DANTAS, J. L. L. **Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos**

comerciais por plantas em mamoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 45, n. 8, p. 855-862, 2010.

PAWLISZYN, J. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. **Analytical Chemistry**. v. 62. p. 2145-2148, 1990.

PAWLISZYN, J; PAWLISZYN, B; PAWLISZYN, M. Solid Phase Microextraction (SPME). **The Chemical Educator**. Nova York, v. 2, n. 4, p. 1-7, 1997.

PEREIRA, J.; PEREIRA, J.; CÂMARA, J. S. Effectiveness of diferente solid-phase microextraction fibres for differentiation of selected Madeira island fruits based on their volatile metabolite profile – Identification of novel compounds. **Talanta**. v. 83. p. 899-906. 2011.

PERYAM, D. R.; PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. **Food Technology**. v. 11, n.9, p. 9-14, 1957.

PIGGOTT, J. R. Dynamism in flavor science and sensory methodology. **Food Research International**. v. 33. p. 191-197. 2000.

PINO, A. J.; ALMORA, K.; MARBOT, R. Volatile components of papaya (*Carica papaya L., Maradol variety*) fruit. **Flavour and Fragrance Journal**. v. 18, p. 492-496, 2003.

PINO, J. A. Odour-active compounds in papaya fruit cv. *Red Maradol*. **Food Chemistry**. v. 146, p. 120–126. 2014.

PLUTOWSKA, B.; WARDENCKI, W. Aromagrams- aromatic profiles in the appreciation of food quality. **Food Chemistry**. v. 101, p. 845-872, 2007.

REID, L. M.; O'DONNELL, C. P.; DOWNEY, G. Potential of SPME-GC and Chemometrics to detect adulteration of soft fruit purées. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. v. 52. p. 421-427. 2004.

REINECCIUS, G. A. Flavoromics - the next frontier? In: 235th American Chemical Society, 2008, New Orleans –LA. **NMR- based Metabolomics**. 2008, p. AGFD–061.

REINECCIUS, G. Choosing the correct analytical technique in aroma analysis. In: **Flavour in food**. VOILLEY, A. & ETIÉVANT, P. (Orgs), Washington: CRC Press, p.81- 95, 2006.

RIGOTTO, M. **Cultura do Mamoeiro**. 2014. Disponível em: <http://www.unit.br/downloads /manuais/citacoes-e-referencias1.pdf>. Acesso em 16 jan 2016.

RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. (Org.) **Mamão: Fitossanidade**. Cruz das Almas: EMBRAPA, p. 91. 2000.

ROBISON, T. The organic constituents of higher plants. 4 ed. North Amherst: Cordu Press. Apud : FLATH, R. A., LIGHT, D. M., JANG, E. B., MON, T. R., JOHN, J. O. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 38. p. 1060-1063. 1990.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: Uma estratégia sequencial de planejamentos**. Campinas: Casa do Pão Editora, 2005. 326 p

RODRIGUES, S. P.; ANDRADE, J. S.; VENTURA, J. A.; LINDSEY, G. G.; FERNANDES, P. M. B. *Papaya* meleira virus is neither transmitted by infection at wound sites nor by the whitefly *Trialeurodes variabilis*. **Journal of Plant Pathology**. v. 91, p. 87-91.2009..

RUGGIERO, C.; MARIN, S. L. D.; DURIGAN, J. F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura [online]**. vol.33, p. 76-82. 2011.

SANTANA, L. R. R.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya L.*): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.24, n.2, p. 217-222, abr/jun, 2004.

SARAIVA, A. C. M.; PAIVA, W. O.; FILHO, F. A. C. R.; LIMA, J. A. A. Transmissão por mãos contaminadas e ausência de transmissão embrionária do vírus do amarelo letal do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v. 31, n. 1, p. 79-83. 2006.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. **O cultivo do mamoeiro no Brasil**. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 32, n.3, 2010.

SILVA, S. C. S. **Avaliação dos atributos de qualidade de mamão desidratado durante o armazenamento**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

SINGLETON, J. A.; PATTEE, H. E.; CHARALAMBOUS, G. **Analysis of food and beverages**. New York: Academic Press, 1978. 359 p.

STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004. 376 p.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. London: Elsevier Academic Press. 1985. 311 p.

TANG, C. S. **Benzyl isothiocyanate of papaya fruit**. **Phytochemistry**. v. 10. p. 117-121. 1971.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M. R. B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.34, p. 52-59, 2000.

TRIGO, J. M.; ALBERTINI, S.; SPOTO, M. H. F.; SARMENTO, S. B. S. Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, v.15, n.2, p.12-133, jan/mar, 2012

VAN GEMERT, L. J.; NETTENBREIJER, A. H. **Compilation of odour threshold values in air and water**. Voorburg: National Institute for Water Supply, 1977. 79 p.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**. v.71, p. 195-198, 2000.

WADA, K., SHIBAMOTO, T. Isolation and identification os volatile compounds from a wine using solid phase extration and gas chromatography /mass spectrometry. **Journal os Agricultural and Food Chemistry**. v. 45, p. 4362-4366. 1997.

WAGNER, R. **Composição de voláteis e aroma de salames nacionais tipos Italiano e Milano**. 2008. 277 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008

WALKELING, I. N.; MACFIE, J. H. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**. Oxford, v.6, n.4, p.299-308, 1995.

WELDEGERGIS, B. T.; VILLERS, A.; McNEISH, C.; Seethapathy, S.; MOSTAFA, A.; GÓRECK, T.; CROUCH, A. M. Characterisation of volatile of pinotage wines using comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to time-of-flight mass spectrometry (GC x GC – TOFMS). **Food Chemistry**. v. 11, p. 157. 2010.

WITHOPF, B.; RICHLING, E.; ROSCHER, R.; SCHWAB, W.; SCHREIER, P. Sensitive and selective screening for 6'-O-malonylated glucoconjugates in plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 45, p. 907-911, 1997.

YANG, X.; PEPPARD, T. Solid-phase microextraction for flavor analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 42, p. 1925-1930, 1994.

APÊNDICE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) em uma atividade do projeto de pesquisa **“FLAVOROMICS DE GENÓTIPOS MELHORADOS DE MAMÃO GRUPO SOLO: CORRELAÇÃO ENTRE O PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS E A QUALIDADE SENSORIAL.”**, de responsabilidade da pesquisadora Dra. Deborah dos Santos Garruti, da Embrapa Agroindústria Tropical.

O propósito desta pesquisa é avaliar a aceitação sensorial de genótipos melhorados de mamão grupo Solo, que apresentam resistência a pragas. Para obtenção dos dados, lhe será solicitado comparecer ao Laboratório de Análise Sensorial, onde em cerca de 15 minutos realizará o teste sensorial.

Você não será remunerado por esta atividade, porém contribuirá para o desenvolvimento de novas variedades de mamão. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. Ainda lhe será garantido o sigilo que assegure a privacidade da sua identidade, como também a confidencialidade de todos os resultados obtidos, os quais somente serão divulgados dados diretamente relacionados aos objetivos da pesquisa pelos pesquisadores desse projeto.

O consumo deste produto não oferece riscos à saúde, contudo se ocorrer algum desconforto durante ou até 12 h após a análise você será encaminhado ao serviço público de saúde.

Após ter sido esclarecido(a) sobre as informações acima, no caso de concordar em fazer parte do estudo, por favor assinar ao final do documento. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador principal, podendo tirar dúvidas do projeto e de sua participação.

Dra Deborah dos Santos Garruti (Pesquisadora) - Embrapa Agroindústria Tropical -
(85) 3391-7247

Eu, _____, declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado(a) pela pesquisadora Dra Deborah Garruti sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem que isso leve a qualquer penalidade. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento. Desse modo, concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

Fortaleza/CE, _____ de _____ de _____

Participante

Dra Deborah dos Santos Garruti