



# Caracterização físico-química e perfil volátil das *Capsicum* spp. e avaliação de parâmetros macromorfológicas dos fungos endofíticos associados às pimentas cultivadas na região de Araguaína

Physicochemical characterization and volatile profile of *Capsicum* spp. and evaluation of macromorphological parameters of endophytic fungi associated with peppers grown in the Araguaína region

T. C. Reis<sup>1\*</sup>; F. L. N. Silva<sup>1</sup>; T. T. Santos<sup>2</sup>; F. B. M. Souza<sup>3</sup>; M. K. D. Rambo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de cromatografia, Departamento de Química, Universidade Federal do Norte do Tocantins, campus Cimba, 77824-838, Araguaína-TO, Brasil

<sup>2</sup>Centro multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães, Curso de Graduação em Engenharia de Biotecnologia, Universidade Federal do Oeste da Bahia, 47850-000, Luís Eduardo Magalhães-BA, Brasil

<sup>3</sup>Laboratório multidisciplinar, Departamento de Agronomia, Setor da saúde, Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos, setor Oeste, 77816-540, Araguaína-TO, Brasil

<sup>4</sup>Laboratório de Ciências do Ambiente, Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins, campus Palmas, 77001-090, Palmas-TO, Brasil

\*thaliahellenn@gmail.com

(Recebido em 15 de dezembro de 2021; aceito em 18 de abril de 2022)

As pimentas (*Capsicum* spp.) possuem diversidade quanto ao tamanho, ao formato, à cor, ao sabor, à pungência e o aroma, por abranger diferentes classes químicas predominantes em cada variedade. Por possuírem estas características específicas são consumidas *in natura*, em conservas, em geleias, chocolates, salgados, e utilizadas como matéria prima na indústria alimentícia na forma de condimentos e corantes. Associados às pimentas, existem os fungos endofíticos, que produzem compostos voláteis que funcionam como atrativos para insetos polinizadores e atuam como inibidores de insetos e invertebrados patogênicos. Este trabalho teve como objetivo a caracterização de parâmetros físico-químicos e perfil volátil das pimentas *Capsicum* spp. e seus fungos endofíticos associados. A parte experimental do trabalho foi desenvolvido no laboratório de cromatografia (LABCROM), unidade Cimba, e no laboratório de microbiologia, unidade EMVZ da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), campus Araguaína. Os frutos da *Capsicum* foram colhidos na casa de vegetação, pertencente ao curso de agronomia do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC) em Araguaína e em uma unidade particular em Aragominas. As pimentas do gênero *Capsicum* foram analisadas de acordo com suas características físico-químicas (comprimento, diâmetro maior, peso, pH, acidez total titulável (ATT), umidade e cinzas), perfil volátil da *Capsicum* e seus fungos endofíticos associados. Como resultado foi possível afirmar que os microrganismos associados as pimentas malaguetas (*Capsicum frutescens*) são fungos endofíticos, os quais foram agrupadas em dez morfotipos de fungos filamentosos e dois de leveduras. Os frutos do gênero *Capsicum* apresentaram diferenças quanto as propriedades físico-químicas e perfil volátil.

Palavras-chave: *Capsicum*, voláteis, fungos.

Peppers (*Capsicum* spp.) have diversity in terms of size, shape, color, flavor, pungency and aroma, as they cover different chemical classes predominant in each variety. Because they have these specific characteristics, they are consumed *in natura*, in preserves, in jellies, chocolates, snacks, and used as raw material in the food industry in the form of condiments and dyes. Associated with peppers, there are endophytic fungi, which produce volatile compounds that act as attractants for pollinating insects and act as inhibitors of pathogenic insects and invertebrates. This work aimed to characterize the physicochemical parameters and volatile profile of *Capsicum* spp. peppers and their associated endophytic fungi. The experimental part of the work was carried out in the chromatography laboratory (LABCROM), Cimba unit, and in the microbiology laboratory, EMVZ unit of the Federal University of Northern Tocantins (UFNT), Araguaína campus. *Capsicum* fruits were harvested in the greenhouse, belonging to the agronomy course at Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC) in Araguaína and in a private unit in Aragominas. Peppers of the genus *Capsicum* were analyzed according to their physicochemical characteristics (length, largest diameter, weight, pH, total titratable acidity (TTA), moisture and ash),

volatile profile of *Capsicum* and its associated endophytic fungi. As a result, it was possible to affirm that the microorganisms associated with chili peppers (*Capsicum frutescens*) are endophytic fungi, which were grouped into ten morphotypes of filamentous fungi and two of yeast. The fruits of the genus *Capsicum* showed differences in terms of physicochemical properties and volatile profile.

Keywords: *Capsicum*, volatiles, fungi.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A pimenta (*Capsicum* spp.), fruto da pimenteira, é rica em nutrientes, flavonoides, carotenoide e outras diversas substâncias importantes para a saúde e bem estar humano e de outras plantas. O alto valor nutricional a torna um produto diferenciado, por possuir boas fontes de vitaminas, principalmente A e C e, por apresentar vários minerais que são fundamentais para o perfeito funcionamento do organismo [1].

Os frutos de *Capsicum* possuem propriedades fisiológicas, farmacológicas e têm aplicação na medicina tradicional, contribuindo através das suas ações antimicrobiana, inseticida, anticonvulsiva [2], além de atuar como conservante alimentar, devido à presença de capsaicina e a dihidrocapsaicina [3].

No Brasil, as variedades de pimentas mais popularmente conhecidas e apreciadas são as dos tipos: malagueta (*Capsicum frutescens*), dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*), doce italiana (*Capsicum annuum*), jalapenõ (*Capsicum annuum*), cumari-do-Pará (*Capsicum chinense*), Chapéu de bispo (*Capsicum baccatum*) cujo cultivo está concentrado nas regiões sudeste, centro-oeste e sul do país [4].

Os frutos da pimenteira, em sua maioria, possuem sabor pungente característico devido principalmente à presença da substância capsaicina. As substâncias responsáveis pela pungência são os alcalóides denominados de capsaicinóides [5, 6].

Associados a pimenteira e aos seus frutos, existem os fungos endofíticos, que são aqueles que vivem no interior de plantas habitando, de modo geral, em suas partes aéreas, sem causar, aparentemente, qualquer dano aos seus hospedeiros [7]. Eles se diferem dos fungos patogênicos que causam doenças e dos epifíticos que habitam a superfície do fruto [2].

Os fungos endofíticos são de grande importância para seus hospedeiros porque além de viverem no interior das pimenteiras conferem a elas proteção contra insetos, pragas, micro-organismos patogênicos e inclusive contra herbívoros [7, 8] por meio da produção de toxina, antibióticos e outros compostos, os quais possuem potencial aplicação biotecnológica [9-11].

Os compostos voláteis produzidos por fungos endofíticos funcionam como atrativos para insetos polinizadores e atuam como inibidores de insetos e invertebrados patogênicos. Na agricultura, aqueles produzidos por fungos têm sido utilizados como parte das estratégias de controle biológico para prevenir crescimento de patógenos de plantas [12]. Além disso, há um crescente aumento no interesse do estudo dos efeitos promotores do crescimento das plantas por meio dos compostos voláteis produzidos por esses fungos. Na indústria de alimentos, são usados para prevenir a formação de fungos pós-colheita [13].

O uso de ferramentas analíticas de alta tecnologia como a micro-extração em fase sólida do *headspace* com a cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas (HS-SPME-GC-MS), permite a caracterização do perfil volátil de diversos frutos [14-16]. A pimenta é uma cultura que, tradicionalmente, é realizada por pequenos agricultores da região de Araguaína no Tocantins, sendo importante fonte de renda no âmbito da agricultura familiar. Contudo, o estudo das variedades da região é escasso e por isso merece maior atenção.

Dada a importância do estudo da diversidade de pimentas cultivadas na região de Araguaína, neste trabalho foi realizada a caracterização físico-químico das pimentas do gênero (*Capsicum*) e de seus fungos endofíticos associados empregando a técnica HS-SPME/GC-MS.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1 Amostragem

Foram colhidas manualmente, em junho de 2021, cerca de 292 unidades de pimentas pertencentes a 10 variedades das 4 espécies diferentes de pimentas, sendo elas: 3 variedades de *Capsicum annuum* (Jalapeño, Doce Italiana e Vulcão); 3 variedades de *Capsicum chinense* (Biquinho Vermelho, Biquinho Amarelo e Cumarí do Pará); 2 variedades de *Capsicum baccatum* (Dedo-de-Moça e chapéu de bispo) e 2 variedades de *Capsicum frutescens* (Malagueta e Tabasco) cultivadas em estufa (Casa de Vegetação), localizada no campus da Faculdade Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC) (S 7.21071° W 48.23833°) em Araguaína – TO. Após a coleta, as pimentas foram levadas para o laboratório de cromatografia do curso de licenciatura em química (LABCROM), Campus Araguaína, e em seguida foram guardados em saco plástico transparente, devidamente identificados, e armazenados em freezer a -18 °C para análises posteriores.

### 2.2 Metodologia

As análises de todas as amostras coletadas de cada uma das 10 variedades das pimentas foram realizadas de acordo com as normas padrões de análises físico-químicas segundo o INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008 [17]. Dentre estas, foram realizadas medidas de: peso, tamanho, cinzas, umidade, e acidez titulável (AT), sendo esta última, determinada por titulação potenciométrica. As análises supracitadas seguiram metodologias propostas pela *Association of Official Analytical Chemists* - AOAC [18]. As análises cromatográficas seguiram metodologia descrita por Borgusz Junior et al. (2014) [19] com modificações, e as análises microbiológicas seguiram metodologia descrita por Camatti-Sartori et al. (2005) [20] com modificações, visando a eliminação dos microrganismos epifíticos.

### 2.3 Parâmetros físico-químicos

#### 2.3.1 Medidas biométricas

Logo após a coleta das pimentas, foram feitas as medidas de: altura, diâmetro máximo (largura) e peso. Para isto, utilizou-se um paquímetro (marca INSIZE, modelo 1219-150-*Vernier Capiler With Titanium Plated Beam* 0-150 x 0.05 mm/0-6 x 1/128'') e uma balança de precisão analítica (SHIMADZU, capacidade máxima de 220 g e mínima de 10 mg).

#### 2.3.2 Umidade

Para determinação de umidade, inicialmente pesou-se cerca de 2 a 10 g de amostra de pimenta em cadinhos de porcelana utilizando uma balança analítica. Após serem pesadas, as amostras foram levadas para estufa (Marca MedClave, modelo 3), onde foram mantidas sob temperatura de 105 °C durante 24 horas. Depois disso, as amostras foram retiradas da estufa e levadas para o dessecador, até serem resfriadas e em seguida pesadas novamente. Tais condições de análise foram otimizadas em laboratório até obtenção de peso constante das amostras.

#### 2.3.3 Cinzas

Para a determinação de cinzas, pesou-se cerca de 2 a 10 g de pimentas em cadinhos de porcelana empregando uma balança analítica. Após serem pesadas, as amostras foram colocadas em um dessecador e em seguida levadas para a mufla (marca COEL com controlador eletrônico digital microprocessador modelo HW4900), onde foram mantidas sob temperatura de 550 °C durante 10 horas. Depois disso, as amostras foram levadas para o dessecador, onde permaneceram

até serem resfriadas e em seguida pesadas novamente. Todas as condições de análise foram otimizadas em laboratório até obtenção de peso constante das amostras.

### 2.3.4 Acidez Total Titulável pelo Método Potenciométrico Automático

A acidez titulável das amostras foi realizada de acordo com o método da AOAC (1990) [18] e expressa em miliequivalentes gramas de ácido cítrico por cem gramas de amostra. Para isto, pesou-se cerca de 2 a 10 g de pimenta em béquer utilizando balança analítica. Logo após, foram maceradas e adicionados 50 mL de água destilada, em seguida a amostra foi filtrada em peneira comum de plástico de uso doméstico e reservada em béquer. Em seguida, titulou-se alíquota de 50 mL da solução de pimenta com solução padrão de Hidróxido de Sódio (NaOH 0,01 N), utilizando o titulador automático potenciométrico (modelo Titrino plus 848, da Metrohm, dotado de bureta automática de 5 mL, com menor divisão de 0,0005 mL). A solução de NaOH foi previamente padronizada com biftalato de potássio. Todas as análises titulométricas foram realizadas em triplicatas.

### 2.4 Isolamento e conservação de fungos endofíticos associados a *Capsicum frutescens*

Para as análises microbiológicas da pimenta foi selecionada a variedade malagueta (*Capsicum frutescens*), por ser a mais conhecida, com maior credibilidade ao paladar brasileiro e por apresentar uma vasta resistência a pragas, insetos e ao clima tropical.

A variedade de pimenta do tipo *Capsicum frutescens* foi coletada na cidade de Aragominas – TO (S - 7.166447° W - 48.523079°) figura 1, armazenada em saco plástico e acondicionada em caixa isotérmica contendo gelo, depois foi imediatamente encaminhada ao Laboratório de microbiologia da EMVZ – UFNT para isolamento, purificação e conservação dos fungos endofíticos. No laboratório, as pimentas foram desinfectadas (figura 2), e em seguida, foram obtidos fragmentados de aproximadamente 0,25 mm<sup>2</sup>, os quais foram inoculados na superfície de placas de Petri, de 90 mm de diâmetro, contendo meio de cultivo Batata Dextrose Ágar (BDA) acrescido de cefatolina 100 µg/µL. Dois controles de desinfecção foram empregados; o primeiro consistiu no *imprinting* de pimentas na superfície do meio de cultura, enquanto que o segundo foi a inoculação de 100 µL da água da última lavagem. Todas as placas foram monitoradas por até 7 dias e foi realizada a repicagem dos fungos à medida que estes foram crescendo. Posteriormente à purificação, foi realizada a caracterização morfológica, agrupamento em morfotipos, contagens de UFCs e conservação dos fungos pelo método de Castellani (1939) [21].

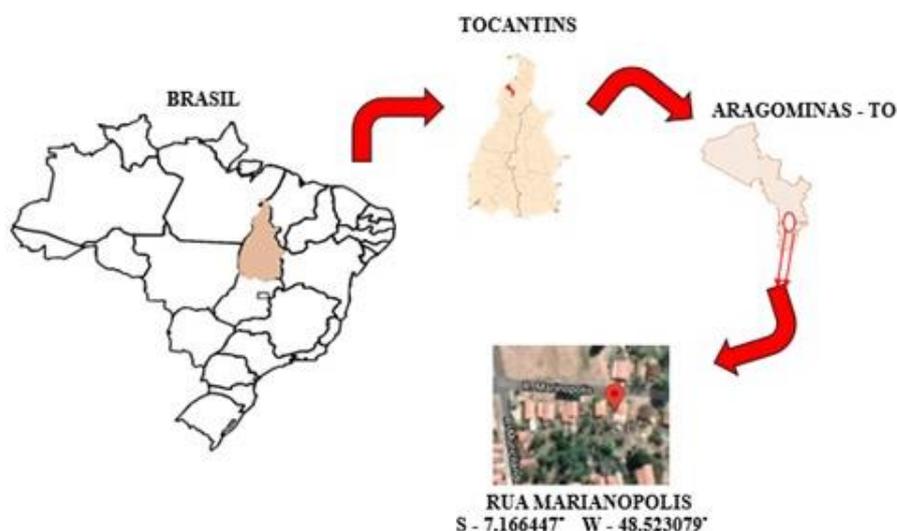


Figura 1: Local de realização da coleta da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*).

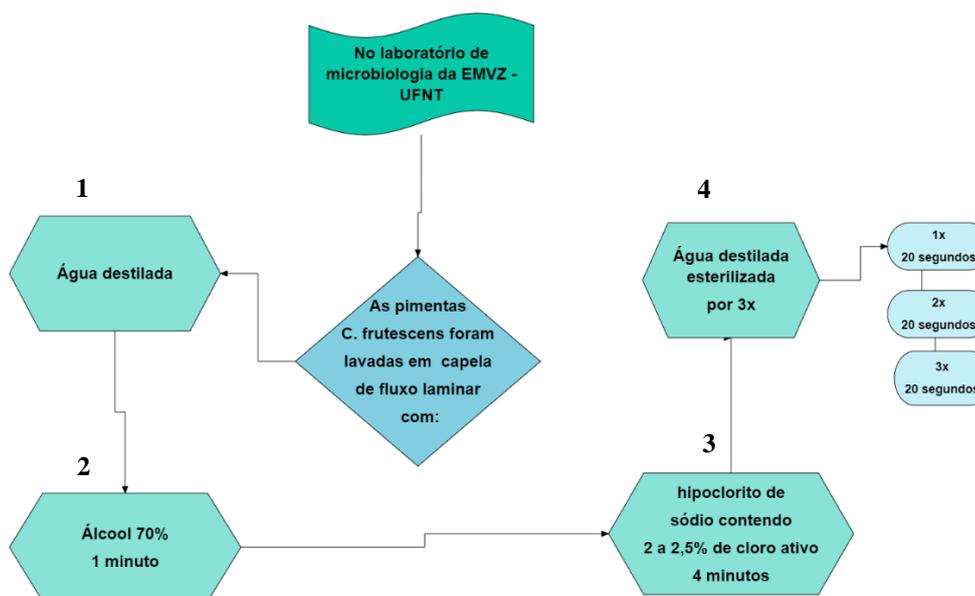


Figura 2: Fluxograma da descrição de lavagem da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*).

## 2.5 Análises por HS-SPME/GC-MS

Para as análises cromatográficas foram selecionadas três espécies de pimenta, uma variedade de cada espécie; *Capsicum frutescens* (Malagueta), por ser considerada a pimenta mais conhecida pelos brasileiros, *Capsicum baccatum* (Dedo-de-Moça), por agregar sabor a culinária brasileira e a *Capsicum chinense* (Biquinho Vermelho), por ser caracterizada como a espécie genuinamente Brasileira; o fungo endofítico associado a pimenta malagueta e o meio de cultura BDA.

Durante o preparo das amostras, pesou-se aproximadamente 2,76 g de pimenta e transferiu-se para um *vial* de 10 mL de vidro com tampa de silicone, que em seguida foi colocado sobre uma chapa aquecedora (Modelo, IKA® C-MAG HS4) e mantido a uma temperatura de 45 °C durante 15 minutos. Logo depois inseriu-se a agulha do *holder* contendo a fibra SPME (100 µm de filme polidimetilsiloxano - PDMS) no *vial* e expôs-se a mesma ao *headspace* da amostra durante 15 minutos. Após este tempo, retraindo-se a fibra do recipiente, e esta foi inserida no injetor do cromatógrafo. Antes de cada corrida cromatográfica, realizou-se condicionamento da fibra e análise do branco. O método de extração foi aplicado para as amostras de três espécies de pimenta, o fungo endofítico associado a pimenta malagueta e para o meio de cultura BDA.

A análise cromatográfica foi realizada em um cromatógrafo a gás (Agilent Technologies, 7890B GC System) acoplado a um espectrômetro de massas (Agilent Technologies 5977B MSD). As amostras foram injetadas manualmente, no modo *split* 1:20 e a separação dos compostos voláteis foram feitas usando uma coluna capilar HP-5MS (5% fenilmetilsiloxano com dimensões: 30 m x 25,0 µm x 0,25 µm), o gás de arraste Hélio (99,999% de pureza). As temperaturas do injetor, interface e fonte foram mantidos a 250 °C, 250 °C e 200 °C respectivamente. A programação de temperatura do forno iniciou-se a 50 °C e permaneceu nesta temperatura por 0,2 minutos, depois foi aquecido a uma taxa de 3 °C/min até 230°C, permanecendo por 4 minutos nesta temperatura, totalizando 60 minutos de corrida analítica, com fluxo de 1,3 mL/min. Para a identificação dos compostos voláteis, utilizou-se a biblioteca de dados NIST 2014 do equipamento, NIST Web Book, e para confirmação da identificação dos compostos usou o índice de kovats.

### 2.5.1 Determinação do índice de retenção linear (LRI)

Uma mistura padrão de n-alcenos (C7-C30) foi utilizado para calcular o índice de retenção linear (LRI) de cada composto volátil detectado na amostra de pimenta. O volume de 1µL da solução padrão de n-alcenos foi injetado no GC-MS sob a mesma programação de temperatura das amostras, e seus respectivos tempos de retenção foram usados como referência para calcular o LRI, juntamente o com os tempos de retenção dos compostos na amostra.

Para confirmar a identificação e caracterização dos compostos voláteis, os valores calculados do LRI foram comparados aos valores da literatura empregando a mesma fase estacionária da coluna capilar.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas medidas biométricas para 10 variedades de pimentas cultivadas na área verde da UNITPAC, Araguaína – TO, pertencentes às 4 espécies diferentes de *Capsicum* spp. Os valores médios de comprimento, diâmetro maior e peso de vinte unidades de cada variedade de pimenta, estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Dados biométricos da pimenta (*Capsicum* spp.)

Espécie <i>Capsicum</i>	Variedades	Peso (g)	CV <sub>P</sub> (%)	Diâmetro maior (mm)	CV <sub>D</sub> (%)	Comprimento (mm)	CV <sub>C</sub> (%)
<i>C. frutescens</i>	Malagueta	0,45 ± 0,03*	7,38	4,40 ± 0,49*	11,13	22,15 ± 2,01*	9,06
	Tabasco	0,78 ± 0,17*	21,96	5,75 ± 0,62*	10,82	26,70 ± 3,16*	11,84
<i>C. chinense</i>	Cumarí do Pará	0,56 ± 0,08*	14,30	7,65 ± 0,85*	11,14	11,55 ± 1,65*	14,35
	Biquinho amarelo	1,95 ± 0,28*	14,45	14,0 ± 1,30*	9,31	21,25 ± 2,07*	9,74
	Biquinho vermelho	2,10 ± 0,21*	10,16	14,45 ± 1,12*	7,72	21,35 ± 2,21*	10,07
<i>C. baccatum</i>	Chapéu de bispo	5,64 ± 1,82*	32,23	29,7 ± 5,51*	18,56	18,90 ± 1,86*	9,88
	Dedo-de-moça	6,22 ± 2,07*	33,45	16,45 ± 1,65*	10,07	69,70 ± 14,07*	20,19
<i>C. annuum</i>	Vulcão	0,57 ± 0,22*	38,77	5,83 ± 1,21*	20,80	16,66 ± 2,98*	17,88
	Jalapenõ	7,31 ± 2,28*	31,19	18,3 ± 2,07*	11,34	39,55 ± 6,54*	16,55
	Doce italiana	4,08 ± 0,61*	14,99	13,54 ± 1,55*	11,50	54,00 ± 5,30*	9,83

\* = desvio padrão; CV<sub>P</sub> = Coeficiente de variação do peso; CV<sub>D</sub> = Coeficiente de variação do diâmetro maior; CV<sub>C</sub> = Coeficiente de variação do comprimento.

### 3.1 Medidas biométricas

#### 3.1.1 Comprimento e diâmetro maior

Os dados das medidas de comprimento das pimentas variaram entre 11,55 e 69,7 mm, isto se deve ao fato da grande abrangência entre as 10 variedades distintas de pimentas do gênero *Capsicum*.

Dentre as dez variedades de pimentas, a Cumarí do Pará (*Capsicum chinense*) foi a que apresentou menor comprimento com 11,55 mm seguida da pimenta vulcão (*Capsicum annuum*) com 16,66 mm. Rosário et al. (2021) [22] também observou uma variação na medida de comprimento das pimentas com relação a essas duas espécies.

A pimenta Dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) se destacou quanto maior comprimento medindo 69,70 mm e também diâmetro maior 16,45 mm seguida da pimenta doce italiana (*Capsicum annuum*) com características biométricas próximas a pimenta dedo-de-moça, além de possuírem formato e cor similares. No trabalho de Ribeiro et al. (2008) [23] as medidas de comprimento e diâmetro maior das pimentas, doce italiana (180 mm / 50 mm) e dedo-de-moça

(70 mm / 10 mm) são muito distintas devido supostamente ao solo, local de cultivo e genética diferentes do nosso trabalho.

A pimenta chapéu de bispo (*Capsicum baccatum*) foi a que apresentou maior diâmetro igual a 29,70 mm, enquanto a pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) apresentou menor diâmetro 4,40 mm. No trabalho de Ribeiro et al. (2020) [24] a pimenta chapéu de bispo apresentou diâmetro maior o dobro do encontrado em nosso trabalho igual a 70,0 mm e para malagueta valor de 5,0 mm. Isto pode ser justificado devido ao tipo de solo, genética e área de cultivo diferentes da pimenta do nosso trabalho.

Os resultados mostram uniformidade no formato dos frutos de cada variedade de *Capsicum*.

### 3.1.2 Peso

Foram medidas as massas de 20 unidades das 10 variedades de pimenta pertencente ao gênero *Capsicum* spp., obtendo-se uma variação média entre 0,45 g a 7,31 g para a pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) e a jalapenõ (*Capsicum annuum*), respectivamente.

Entre as variedades de pimentas analisadas, a cumarí do Pará (*Capsicum chinense*) e vulcão (*Capsicum annuum*) apresentaram medidas de peso mais similares entre si iguais a 0,56 g e 0,57 g, respectivamente. Medidas muito próximas também foram observadas entre as variedades biquinho vermelho com 2,10 g e biquinho amarelo com 1,95 g. Medidas diferentes de massa foram apresentadas por Domenico et al. (2012) [1] para biquinho vermelho 1,40 g, já Ribeiro et al. (2020) [24] relata peso igual a 2,10 g para biquinho vermelho e 2,30 g para biquinho amarelo.

A pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) apresentou peso de 6,22 g, e a pimenta chapéu de bispo (*Capsicum baccatum*) da mesma espécie obteve peso de 5,67 g. Ribeiro et al. (2020) [24] apresentaram em seu trabalho peso semelhante para a variedade dedo-de-moça de 6,0 g. Já Domenico et al. (2012) [1] descreveram em seu trabalho 5,69 g para a pimenta dedo-de-moça, muito próximo ao valor encontrado em nosso trabalho.

As pimentas doce italiana e jalapenõ apresentaram medidas de 4,07 g e 7,31 g, respectivamente. Rosario et al. (2021) [22] apresentaram em seu trabalho medidas de peso parecidas.

As diferenças de medidas de pesos observadas entre as pimentas acontecem em decorrência da diversidade de pimentas com os mais variados formatos e tamanhos.

### 3.2 Acidez Total Titulável pelo Método Potenciométrico Automático e pH

A acidez da pimenta foi avaliada a partir da Acidez total titulável (ATT). A Tabela 2 mostra os valores médios da acidez e pH para as 10 variedades de pimentas.

Tabela 2: Dados da acidez e pH das pimentas (*Capsicum* spp.)

Espécie <i>Capsicum</i>	Variedades	Acidez titulável (meq/100g)	CV <sub>ATT</sub> (%)	pH	CV <sub>pH</sub> (%)
<i>C. annuum</i>	Jalapenõ	2,22 ± 0,24*	11,05	5,61 ± 0,10*	1,80
	Doce Italiana	4,71 ± 0,28*	5,98	5,99 ± 0,14*	2,47
	Vulcão	5,82 ± 0,70*	12,04	5,69 ± 0,01*	0,30
<i>C. baccatum</i>	Chapéu de Bispo	3,6 ± 0,39*	11,01	5,82 ± 0,09*	1,71
	Dedo-de-Moça	4,47 ± 0,31*	7,15	5,02 ± 0,14*	2,96
<i>C. chinense</i>	Biquinho Vermelho	3,81 ± 0,24*	6,53	5,24 ± 0,04*	0,93
	Biquinho amarelo	4,21 ± 0,18*	4,38	5,16 ± 0,11*	2,14
	Cumarí do Pará	4,50 ± 0,11*	2,64	6,08 ± 0,88*	14,59
<i>C. frutescens</i>	Malagueta	5,89 ± 0,08*	1,45	5,57 ± 0,34*	6,04
	Tabasco	6,02 ± 0,29*	4,82	6,03 ± 0,34*	5,67

\* = desvio padrão; CV<sub>ATT</sub> = Coeficiente de variação da acidez titulável; CV<sub>pH</sub> = Coeficiente de variação do pH

Entre as dez variedades de pimentas *Capsicum*, as que apresentaram menor e maior acidez titulável foram respectivamente a jalapenõ (*Capsicum annuum*) com 2,22 meq/100g e tabasco (*Capsicum frutescens*) com 6,02 meq/100g. Foi observado similaridade da acidez titulável entre as variedades malagueta (*Capsicum frutescens*) com 5,89 meq/100g e vulcão (*Capsicum annuum*) com 5,82 meq/100g, similaridade também observada entre as variedades cumarí do Pará (*Capsicum chinense*) com acidez de 4,50 meq/100g e dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) com 4,47 meq/100g. Constatou-se que não houve similaridade de acidez entre as pimentas da mesma espécie, ao contrário, semelhanças foram observadas entre pimentas de espécies diferentes. Dados de acidez semelhantes foram descritos por Souza et al. (2012) [25] para as cultivares dedo-de-moça, biquinho vermelho e cumarí do Pará respectivamente de 0,25%, 0,25% e 0,24% mg de ácido cítrico em 100 ml de amostra. Já Rosário et al. (2021) [22] encontraram uma variação entre 0,11% a 0,23% para ATT das *Capsicum annuum* e *C. chinense*.

De um modo geral, todas as pimentas *Capsicum* são consideradas ácidas e apresentaram valores de pH na faixa de 5,02 (dedo-de-moça) a 6,08 (cumarí do Pará). Souza et al. (2012) [25] analisando o pH das pimentas dedo-de-moça, cumarí do Pará e biquinho vermelho encontraram valores de 5,0, 4,0 e 4,25, respectivamente. Rebouças et al. (2013) [26], verificaram o pH para a pimenta malagueta igual a 5,48, semelhante ao determinado em nosso trabalho.

### 3.3 Umidade

Para determinação de umidade de 10 variedades de pimentas do gênero *Capsicum*, utilizou-se 3 amostras de cada espécie. Com isso, obteve-se medidas de umidade com variações entre 65,8% a 89,9%, sendo tal diferença justificada pela abrangência de variedades em estudo, onde a malagueta (*C. frutescens*) apresentou a menor percentagem de umidade com 65,8% e a pimenta jalapenõ (*C. annuum*) mostrou-se a variedade de maior percentagem de umidade 89,9%. Dados do valor médio, desvio padrão e coeficiente de variação da umidade para as 10 variedades estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Valores da umidade e teor de cinzas das pimentas (*Capsicum* spp.).

Espécie <i>Capsicum</i>	Variedades	Umidade (%)	CV <sub>U</sub> (%)	Cinza %	CV <sub>CZ</sub>
<i>C. annuum</i>	Jalapenõ	89,95 ± 0,40*	0,45	0,67 ± 0,06*	10,07
	Doce Italiana	87,74 ± 1,14*	1,30	0,66 ± 0,16*	23,74
	Vulcão	73,44 ± 3,10*	4,23	1,56 ± 0,27*	17,83
<i>C. baccatum</i>	Chapéu de Bispo	85,92 ± 0,92*	1,06	0,93 ± 0,21*	23,02
	Dedo-de-Moça	86,47 ± 1,08*	1,25	0,92 ± 0,03*	3,51
<i>C. chinense</i>	Biquinho Vermelho	85,35 ± 0,25*	0,29	0,85 ± 0,08*	10,33
	Biquinho amarelo	84,28 ± 0,16*	0,19	1,17 ± 0,03*	3,48
	Cumarí do Pará	82,01 ± 0,56*	0,68	0,98 ± 0,05*	5,42
<i>C. frutescens</i>	Malagueta	65,80 ± 4,73*	7,19	2,02 ± 0,37*	18,54
	Tabasco	69,36 ± 2,43*	3,51	2,14 ± 0,40*	18,77

\* = desvio padrão; CV<sub>U</sub> = Coeficiente de variação de umidade; CV<sub>CZ</sub> = Coeficiente de variação de cinzas.

No trabalho de Pinto et al. (2013) [3], as medidas de umidade para a pimenta malagueta foram de 63,5% e 83,0% para a jalapenõ, muito próximas do encontrado em nosso trabalho.

A pimenta biquinho vermelho apresentou 85,35% de umidade, e a biquinho amarelo, 84,28% e 85,92% para a chapéu de bispo. Valores parecidos foram apresentadas por Pinto et al. (2013) [3].

As variedades malagueta e tabasco (*Capsicum frutescens*) apresentaram umidade de 65,80% e 69,36%, respectivamente. Dados muito próximos apresentados por Pinto et al. (2013) [3], de 63,5%, para a variedade malagueta.

As pimentas jalapenõ e doce italiana apresentaram umidade de 89,95% e 87,74%, respectivamente. E ao comparar os nossos dados com as da literatura, observa-se aproximação entre os resultados por Pinto et al. (2013) [3] para a pimenta jalapenõ 83,0%, e Rosário et al. (2021) [22] e 88,9% para doce italiana.

### 3.4 Cinzas

Para a determinação de cinzas das 10 variedades de pimentas do gênero *Capsicum*, utilizaram-se 3 amostras de cada espécie. Obtendo-se uma variação do teor de cinzas entre 0,66% a 2,14%, diferença justificada pela abrangência de variedades em estudo, onde a pimenta Doce Italiana e Jalapenõ (*C. annuum*) obtiveram as menores percentagens no valor de cinzas, iguais respectivamente a 0,66% e 0,67%. Dados do valor médio, desvio padrão e coeficiente de variação para o teor de cinzas das 10 variedades de pimentas estão descritos na Tabela 3.

Contudo, as pimentas (*Capsicum frutescens*) Tabasco e Malagueta obtiveram as maiores percentagens para os valores de cinzas, iguais respectivamente a 2,14% e 2,02%, valores semelhantes foram apresentados por Pinto et al. (2013) [3] para pimenta Malagueta (*Capsicum frutescens*) que também obteve a maior percentagem de cinzas e a pimenta Jalapenõ (*C. annuum*) a menor percentagem. No trabalho de Rebrouças et al. (2013) [26] foram apresentadas medidas de cinzas para a pimenta Malagueta de 0,039%.

A variedade de pimenta biquinho vermelho (*Capsicum chinense*), em nosso trabalho, apresentou teor de cinzas de 0,85%. Rosário et al. (2021) [22] encontraram valor de 0,73% de cinzas para a mesma espécie. Medidas de cinzas muito próximo entre si foram observadas para as pimentas chapéu de bispo e dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) respectivas a 0,98% e 0,92%.

### 3.5 Microbiologia

Inicialmente, os fungos isolados foram agrupados com base em suas características morfológicas: forma e cor reversa da colônia, e cor do micélio, para permitir uma seleção ordenada dos isolados que, por sua vez, foram classificados em dez grupos de acordo com a cor da colônia: branca, verde, preto, marrom, laranja e amarelo, outras características que foram levadas também em consideração foram a forma da colônia, pigmentação, o crescimento e formas da borda.

Foram obtidos fungos filamentosos de 100% das pimentas analisadas, num total de 24 UFC de fungos filamentosos, as quais foram agrupadas em dez morfotipos de fungos filamentosos, os mesmos estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Características macromorfológicas de fungos endofíticos de *Capsicum frutescens*.

Caracterização macro morfológica				
Morfotipo	Cor do anverso / cor do reverso / aspectos da borda / outras características relevantes	Morfoespécies	Fo	%
F1.	Branco algodinoso / esverdeado / irregular / crescimento rápido	1	0,041	4,1
F2.	Verde algodinoso / Verde / irregular / crescimento rápido	1	0,041	4,1
F3.	Marrom / marrom / irregular / crescimento rápido	1	0,041	4,1
F4	Branco Algodinoso / amarelado / regular / crescimento rápido / cento do fungo ponto alaranjado	3	0,125	12,5
F5.	Preto bordas brancas / Preto bordas brancas / regular / crescimento lento	3	0,125	12,5
F6.	Branco gelo / branco gelo / centro do fungo pigmentos amarelado com preto	2	0,083	8,3
F7.	Branco algodinoso / Laranja claro / regular / crescimento médio	2	0,083	8,3
F8.	Branco gelo / branco gelo / centro do fungo pigmentos amarelado com preto	2	0,083	8,3
F9	Branco neve / Branco neve / irregular / crescimento médio	6	0,25	25
F10.	Branco gelo / branco gelo / irregular / cento esverdeado / crescimento rápido	3	0,125	12,5

F = fungo filamentosos. Os números que acompanham a letra F indica que uma data morfoespécie (de fungo filamentosos) é distinta em relação a outra e, por isso, são referidas por números distintos.

Os morfotipos de fungos filamentosos com maior frequência foram F4, F5, F10 (12,5%) composto por 3 morfoespécies cada morfotipo, seguido de F9 (25%) com 6 morfoespécies. Embora morfotipo não seja uma relação perfeita com espécies taxonômicas, alta riqueza de morfotipos indica potencial de alta riqueza de espécies associadas ao hospedeiro.

Em nosso trabalho, conseguimos obter uma quantidade de isolados significativamente alta, onde de 35 fragmentos foram obtidos 24 isolados de fungos filamentosos, comparando com Paul et al. (2012) [27], que em seu trabalho sobre fungos endofíticos em pimenta malagueta, obteve um total de 481 isolados de fungos endofíticos de 900 fragmentos da variedade da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*), uma quantidade pequena de isolados conforme a quantidade de fragmentos.

Enquanto que leveduras foram obtidas apenas 28,57%, no total, 5 UFC de leveduras foram obtidos, as quais foram agrupadas em dois morfotipos de leveduras. As leveduras não foram conservadas por apenas caracterizar uma pequena fração em relação aos fungos endofíticos e por problemas técnicos que ocasionaram a perda de algumas e não foi possível caracterizar micromorfológicas. Vale destacar que as linhagens isoladas neste trabalho não representam a diversidade total de fungos endofíticos da *Capsicum frutescens*, principalmente devido à seleção de linhagens fúngicas capazes de crescer no meio de cultivo utilizado.

Os fungos cresceram nas placas de BDA a partir dos fragmentos dos endocarpos e sementes da pimenta malagueta relativamente rápidos, a maioria dos isolados emergiu em menos de sete dias após o plaqueamento das amostras. Nenhum microrganismo foi observado no controle de desinfecção superficial, indicando que o método de isolamento foi eficiente, sendo possível afirmar que os microrganismos obtidos são endofíticos.

### 3.6 Compostos voláteis de pimentas do gênero *Capsicum* e do fungo endofítico associado a pimenta malagueta

#### A) Voláteis da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*)

Para a variedade de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*), empregando o método de HS-SPME-GC-MS para caracterização dos compostos voláteis, foram identificados 26 compostos pertencentes às classes químicas: alcanos, ésteres, álcoois e cetonas. O cromatograma obtido por GC-MS para fração volátil da pimenta malagueta encontra-se na figura 3(A). Dentre os voláteis detectados, tem-se 9 compostos considerados majoritários por possuírem maior abundância ou área percentual relativa superior a 1%, que são: 3,5-dimetil-2-octanona, 2-metil-propanoato de 4-metilpentila, 2-metilbutanoato de 4-metilpentila, 4-metilpentil de 3-metilbutanoato, 2-metilbutanoato de hexila, 4-metilpentanoato de 4-metilpentila, 2-metil- Tridecano, 2-metil-Tetradecano e octasano.

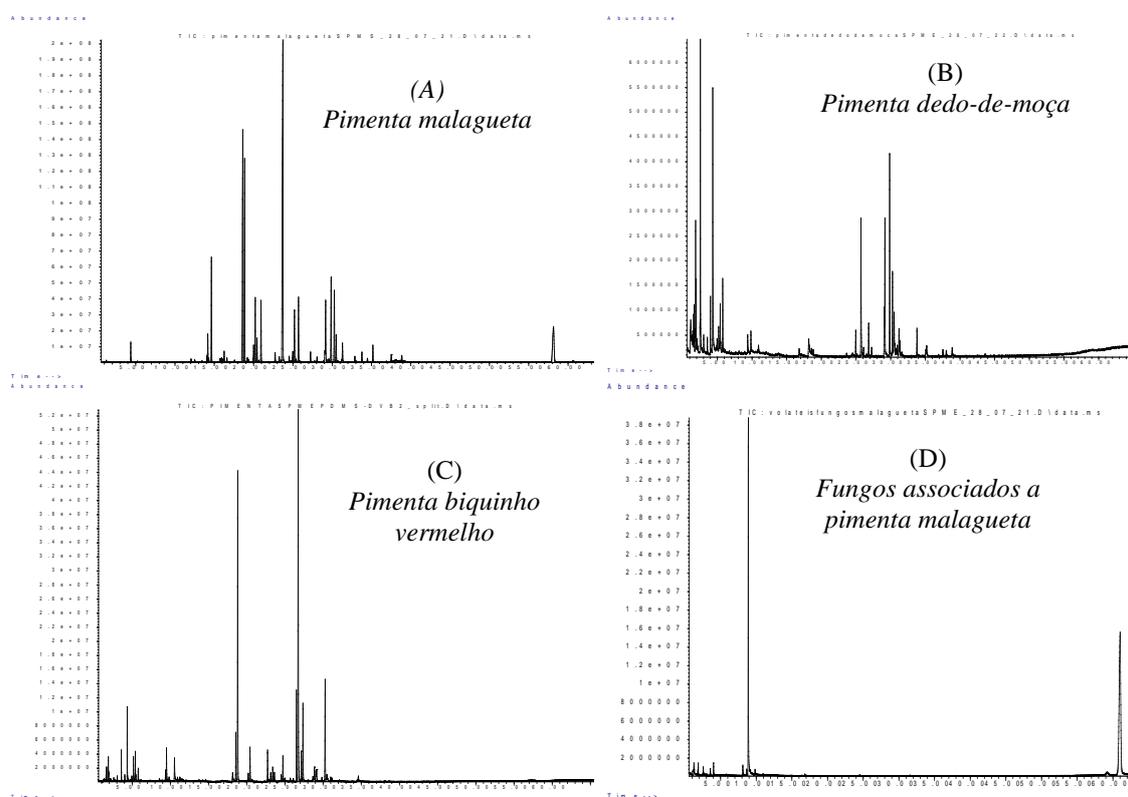


Figura 3: Cromatograma com os compostos voláteis das pimentas: (A) malagueta (*Capsicum frutescens*); (B) pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*); (C) pimenta biquinho vermelho (*Capsicum chinense*) e (D) Cromatograma do fungo associado a pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*), empregando HS-SPME-GC/MS; fibra SPME 100  $\mu\text{m}$  de filme polidimetilsiloxano – PDMS.

Os compostos voláteis majoritários são pertencentes às classes químicas: álcool (2), cetona (2), éster (14) e hidrocarbonetos (8), que são responsáveis pelo aroma característico da pimenta malagueta. Garruti et al. (2021) [28] também descreveram os ésteres como sendo a classe química majoritária para pimenta malagueta.

#### B) Voláteis da pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*)

Para a variedade de pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) empregando o método para caracterização dos compostos voláteis, foram identificados 23 compostos, pertencentes as classes

químicas: alcanos, ésteres, álcoois, cetonas, aldeídos e monoterpenos. Na figura 3(B), encontra-se o cromatograma obtido por GC-MS da fração volátil da pimenta dedo-de-moça. Dentre os voláteis detectados, tem-se 7 compostos considerados majoritários por possuírem maior abundância ou área percentual relativa superior a 1%, que são: 3-metil-Butanal, 3-metil-1-Butanol, 4-metil-1-Pentanol, benzociclobuteno, Salicilato de metila, 2-metil-Tridecano e 2-metil-Tetradecano.

Os compostos voláteis desta variedade aqui analisada são pertencentes as classes químicas: álcool (6), aldeídos (5), cetona (1), éster (7), hidrocarbonetos (3) e monoterpeno (1). Dentre os compostos voláteis majoritários o 3 -metil-Butanal e 2-metil-Tridecano também já foram descritos por Borgusz Junior (2012) [5] para essa variedade. O mesmo autor também identificou eucaliptol e o hexanal assim como neste trabalho.

Os aldeídos 2-metil butanal, pentanal, butanal e hexanal detectados na pimenta dedo-de-moça são descritos pela literatura como característicos de aroma frutal, verde e cogumelo [5]. Sendo que os aldeídos e álcoois são as classes predominantes nesta variedade de pimenta.

### C) Voláteis da pimenta biquinho vermelho (*Capsicum chinense*)

Para a variedade de pimenta biquinho vermelho (*Capsicum chinense*) empregando o método para caracterização dos compostos voláteis, foram identificados 30 compostos, pertencentes as classes químicas: hidrocarbonetos, ésteres, álcoois, cetonas e aldeídos. Na figura 3(C), encontra-se o cromatograma obtido por GC-MS da fração volátil da pimenta biquinho vermelho (*Capsicum chinense*). Dentre os voláteis detectados, tem-se 8 compostos considerados majoritários por possuírem maior abundância ou área percentual relativa superior a 1%, que são: hexanal, 4-metil-1-Pentanol, 2-metilbutanoato de 4-metilpentila, 3-metilbutanoato de 4-metilpentila, 4-metilpentil 3-metilbutanoato, 3-metil-butanoato de heptila, 2-metilbutanoato de 6-metilhept-4-in e 3-metilbutanoato de 6-metilheptila.

Os compostos voláteis da pimenta biquinho vermelho abrangem as seguintes classes químicas: álcool (7), aldeídos (3), cetona (2), éster (15) e hidrocarbonetos (3), que são os responsáveis pelo seu aroma característico. Entre os seus compostos voláteis o 4-metil-1-pentanol já foi descrito na literatura para pimenta de variedade diferente pertencente a mesma espécie (*Capsicum chinense*), por Borgusz Junior et al. (2014) [19]. Tendo-se os ésteres como a classe química predominante para a pimenta biquinho vermelho, sendo os responsáveis pelo seu aroma.

Correlacionando as três variedades de pimentas analisadas, observamos que a pimenta malagueta apresentou um perfil volátil mais rico em constituintes da função ésteres seguidos de alcanos. Já a pimenta dedo-de-moça apresenta maior quantidade de álcoois, aldeídos e ésteres. Enquanto a pimenta biquinho vermelho apresenta os ésteres em maior quantidade seguido dos álcoois.

O composto volátil 4-metil-1-pentanol foi detectado nas três variedades de pimentas, apresentando maior abundância na pimenta dedo-de-moça. E o composto 4-metilpentanoato-de-4-metilpentila foi detectado nas variedades malagueta e biquinho vermelho, com maior abundância na primeira.

### D) Voláteis em fungos associados a pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*)

A análise dos compostos voláteis do fungo associado a pimenta malagueta seguiu o mesmo método aplicado para detecção e identificação dos voláteis das pimentas aqui estudadas. Foram identificados 7 compostos voláteis, pertencentes as classes químicas: aldeído, álcool e alcano. Na figura 3(D), encontra-se o cromatograma obtido por GC-MS da fração volátil do fungo associado à variedade malagueta. Dentre os voláteis detectados tem-se 3 compostos considerados majoritários por possuírem maior abundância ou área percentual relativa superior a 1%, que são: benzaldeído, 1-octen-3-ol e octacosano.

Os compostos voláteis detectados pela técnica de HS-SPME-GC-MS para o fungo endofítico de maior ocorrência em pimenta malagueta, são predominantes das classes químicas de álcoois (3), aldeídos (3) e hidrocarboneto (1).

O composto octacosano detectado no fungo também foi no perfil volátil da pimenta malagueta. Os hidrocarbonetos são os principais componentes dos combustíveis fósseis, sendo os fungos endofíticos excelentes produtores, apresentando potencial biotecnológico na produção de biocombustível [29]. E o composto volátil 1-octen-3-ol caracterizado por atividade antifúngica e potencial biotecnológico, foi descrito na literatura para o fungo *Gliocladium roseum* (*Ascocoryne sarcoides*) fazendo uso do meio de cultura com fermentação em biorreator com meio específico [29]. O que difere do nosso trabalho o qual foi cultivado em meio BDA e não foi feita a caracterização micromorfológica do fungo.

O composto benzaldeído detectado neste estudo é descrito na literatura como sendo um composto volátil caracterizado como repelente de abelha, também utilizado na indústria farmacêutica como antisséptico tópico ou para tratar parasitas, infecções por fungos e por bactérias, na indústria alimentícia é utilizado como corante bacteriológico [30].

A mínima detecção de voláteis para o fungo analisado mostrou a necessidade de estudar diferentes meios de cultura para melhor captação de voláteis. É sabido, pois estudos relacionados ao cultivo de fungos apresentaram variação de intensidade dos voláteis e de quantidades detectáveis para diferentes meios de cultura [29].

#### 4. CONCLUSÃO

Concluiu-se que os frutos das variedades de pimentas *Capsicum* cultivadas na área verde da UNITPAC, Araguaína – TO, apresentam uma vasta variabilidade de diâmetro maior, comprimento e peso; e as pimentas que apresentaram maior teor de cinzas foram respectivamente as com menor teor de umidade

Através das análises por HS-SPME-GCMS foi possível extrair e identificar os compostos voláteis das pimentas *Capsicum* e dos fungos endofíticos associados a pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*), determinar os responsáveis pelo aroma característico do fruto e detectar os voláteis comuns entre as três variedades pimenta, malagueta (*Capsicum frutescens*), biquinho vermelho (*Capsicum chinense*) e dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*).

Os aromas das três variedades de pimenta são diferentes, pois apresentam poucos compostos voláteis semelhantes e possuem variação quanto às classes químicas predominantes e suas intensidades, sendo elas: alcanos, ésteres álcoois, aldeídos, cetonas e monoterpenos.

O perfil volátil do fungo endofítico associado a pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) apresentou voláteis que já foram estudados, porém em outros frutos. O nosso trabalho é o primeiro a abordar a análise e identificação dos compostos voláteis de fungos endofíticos associados a pimenta malagueta cultivada na região de Araguaína.

Com a realização deste trabalho ficou evidenciado que as pimentas *Capsicum frutescens* apresentaram uma alta riqueza morfológica de fungos filamentosos associados, os quais devem ser avaliados em estudos posteriores quanto ao potencial biotecnológico.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Domenico CI, Coutinho JP, Godoy HT, Melo AMT. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro. *Hortic Bras.* 2012 set;30(3):466-72. doi: 10.1590/S0102-05362012000300018
2. Souza AQL, Souza ADL, Filho AS, Pinheiro MBL, Sarquis MIM, Pereira JO. Atividade antimicrobiana de fungos endofíticos isolados de plantas tóxicas da Amazônia: *Palicourea longiflora* (Aubl.) Rich e *Strychnos cogens* Benth. *Acta Amazônica.* 2004 set;34(2):185-95. doi: 10.1590/S0044-59672004000200006
3. Pinto CMF, Pinto CLO, Donzeles SML. Pimenta *Capsicum*: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. *Rev Bras Agropecuária Sustentável (RBAS).* 2013 dez;3(2):108-20. doi: 10.21206/rbas.v3i2.225
4. Pinheiro APO, Filbido GS, Silva DC, Villa RD, Oliveira AP. Determinação da composição físico-química e da concentração de compostos bioativos em diferentes formas de processamento de pimenta cumari verdadeira. In: Cordeiro CAM, editor. *Tecnologia de alimentos: Tópicos físicos, químicos e biológicos.* São Paulo (SP): Editora Científica Digital; 2020. p. 200-216. doi: 10.37885/200901430

5. Bogusz Junior S, Tavares AM, Teixeira Filho J, Zini CA, Godoy HT. Analysis of the volatile compounds of Brazilian chilli peppers (*Capsicum* spp.) at two stages of maturity by solid phase micro-extraction and gas chromatography-mass. *Food Rev Int.* 2012 Aug;48(1):98-107. doi: 10.1016/j.foodres.2012.02.005
6. Reifschneider FJB, Nass LL, Henz GP, Heinrich AG, Ribeiro CSC, Euclides Filho K, et al. Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros. 1ª ed. Brasília (DF): Reifschneider, Nass e Henz; 2015. 156 p.
7. Azevedo JL. Botânica: uma ciência básica ou aplicada? *Rev Brasil Botânica.* 1999 out;22(2):225-9. doi: 10.1590/S0100-84041999000500002
8. Oki Y, Soares N, Belmiro MS, Corrêa Jr. A, Fernandes GW. Influência dos fungos endofíticos sobre os herbívoros de *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). *Neotrop Biol Conserv.* 2009 ago;4(2):83-8. doi: 10.4013/nbc.2009.42.03
9. Azevedo JL. Microrganismos endofíticos. In: de Melo IS, de Azevedo JL, editores. *Ecologia microbiana* [Internet]. Jaguariúna (SP): EMBRAPA; 1998. p. 117-37. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Azevedo\\_Microrganismosendofiticos\\_000fdrap80702wx5eo0a2ndxyo89f39n.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Azevedo_Microrganismosendofiticos_000fdrap80702wx5eo0a2ndxyo89f39n.pdf)
10. Costa TR, Fernandes OFL, Santos SC, Oliveira CMA, Lião LM, Ferri PH, et al. Antifungal activity of volatile constituents of *Eugenia dysenterica* leaf oil. *J Ethnopharmacology.* 2000 Sep;72(1-2):111-7. doi: 10.1016/S0378-8741(00)00214-2
11. Kaul S, Gupta S, Ahmed M, Dhar MK. Endophytic fungi from medicinal plants: a treasure hunt for bioactive metabolites. *Phytochem Rev.* 2012 Nov;11(4):487-505. doi: 10.1007/s11101-012-9260-6
12. Strobel GA, Dirkse E, Sears J, Markworth C. Volatile antimicrobials from *Muscodor albus*, a novel endophytic fungus. *Microbiol.* 2001 Dec;147(1):2943-50. doi: 10.1099/00221287-147-11-2943
13. Morath SU, Hung R, Bennett JW. Fungal volatile organic compounds: A review with emphasis on their biotechnological potential. *Fungal Biol Rev.* 2012 Oct;26(2-3):73-83. doi: 10.1016/j.fbr.2012.07.001
14. Bataglion GA, Silva FMA, Santos JM, Barcia MT, Godoy HT, Erbelin MN, et al. Integrative approach using gc-ms and easy ambient sonic-spray ionization mass spectrometry (EASI-MS) for comprehensive lipid characterization of buriti (*Mauritia flexuosa*) oil. *J Braz Chem Soc.* 2014 Oct;26(1):171-7. doi: 10.5935/0103-5053.20140234
15. Janzanti NS, Monteiro M. HS-GC-MS-O Analysis and Sensory Acceptance of Passion Fruit During Maturation. *J Food Sci Technol.* 2017 Jul;54(8):2594-601. doi: 10.1007/s13197-017-2671-z
16. Sanz C, Olias JM, Perez AG. Aroma biochemistry of fruits and vegetables. In: Tomas-Barberan FA, Robins RJ, editors. *Phytochemistry of fruit and vegetables.* New York (US): Claredon Press; 1997. p. 125-55.
17. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. - 1. ed. digital. São Paulo (SP): IAL; 2008.
18. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.* 15th ed. Virginia (US): AOCA Intl; 1990.
19. Bogusz Junior S, Março PH, Valderrama P, Damasceno FC, Aranda MS, Zini CA, et al. Analysis of volatile compounds in *Capsicum* spp. by headspace solid-phase microextraction and GC × GC-TOFMS. *Anal Methods.* 2014 Oct;7(2):521-9. doi: 10.1039/c4ay01455c
20. Camatti-Sartori V, Da Silva-Ribeiro RT, Valdebenito-Sanhueza RM, Pagnocca FC, Echeverrigaray S, Azevedo JL. Endophytic yeasts and filamentous fungi associated with southern Brazilian apple (*Malus domestica*) orchards subjected to conventional, integrated or organic cultivation. *J Basic Microbiol.* 2005 Oct;45(5):397-402. doi: 10.1002/jobm.200410547
21. Castellani A. Viability of some pathogenic fungi in distilled water. *J Trop Med Hyg.* 1939;42(1):225-6.
22. Rosário VNM, Chaves RPF, Pires IV, Filho AFS, Toro MJU. *Capsicum annum* e *Capsicum chinense*: características físicas e físico-químicas, biotivas e atividade antioxidante. *Braz J Dev.* 2021 May;7(5):50414-32. doi: 10.34117/bjdv7n5-441
23. Ribeiro CSC, Reifschneider FJB. Genética e melhoramento. In: Ribeiro CSC, Lopes CA, Carvalho SIC, Henz GP, Reifschneider FJB, editores. *Pimentas Capsicum* [Internet]. Brasília (DF): Embrapa Hortaliças; 2008. p. 55-69. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/781198>
24. Ribeiro CSC, de Carvalho SIC, Reifschneider FJB, Bianchetti LB, Lopes CA, Lima MF, et al. Cultivares de pimentas das espécies *Capsicum* ssp. desenvolvidas pela Embrapa Hortaliças [Internet]. Brasília (DF): Embrapa Hortaliças; 2020. (Circular técnica, 172). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1129544/1/CT-172-25-jan-2021.pdf>
25. Souza MDC, Oliveira CCO, Botelho DRR, Cordeiro MHM, Mizobuttsi GP, Mota WF. Caracterização físico-química de genótipos de pimenta. *Hortic Bras.* 2012 jul;30(2):7261-8.

26. Rebrouças TNH, Valverde RMV, Teixeira HL. Bromatologia da pimenta malagueta *in natura* e processada em conserva. *Hortic Bras.* 2013 mar;31(1):163-5. doi: 10.1590/S0102-05362013000100026
27. Paul NC, Deng JX, Sang HK, Choi YP, Yu SH. Distribution and antifungal activity of endophytic fungi in different growth stages of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) in Korea. *Plant Pathol J.* 2012 Mar;28(1):10-9. doi: 10.5423/PPJ.OA.07.2011.0126
28. Garruti DS, Mesquita WS, Magalhães HCR, Araújo IMS, Pereira RCA. Odor-contributing volatile compounds of a new Brazilian tabasco pepper cultivar analyzed by HS-SPME-GC-MS and HS-SPME-GC-O/FID. *Food Sci Technol.* 2021 Sep;41(3):696-701. doi: 10.1590/fst.18020
29. Morais GKA, Ferraz LF, Chapla VM. Compostos orgânicos voláteis de fungos endofíticos e suas aplicações biotecnológicas. *RVq.* 2020 set;12(6):1498-510. doi: 10.21577/1984-6835.20200116
30. Leite TOC. Benzaldeído (CAS 100-52-7). *RVq.* 2020 jan;12(1):183-95. doi: 10.21577/1984-6835.20200015