



# Bioactive compounds and descriptors analysis of six cultivars of *Capsicum* spp.

## *Compostos bioativos e análises dos descritores de seis cultivares de Capsicum spp.*

Leandro Camargo Neves<sup>1\*</sup>, Raimunda Nonata Silva Rodrigues<sup>1</sup>, Daniel Magalhães de Oliveira<sup>1</sup>, Muhammad Shahab<sup>2</sup>, Renata Koyama<sup>2</sup>, Sergio Ruffo Roberto<sup>2</sup>

**Abstract:** Although peppers have a specific niche of use, due to their use in gastronomy, studies on morphoagronomic characterization and their nutritional qualities are scarce. The objective of this work was to evaluate the main descriptors and to quantify bioactive compounds of the most cultivated pepper cultivars (*Capsicum* spp.) and consumed in the state of Roraima, Brazil. The experimental design was in randomized blocks with three replications, and the following peppers were evaluated: 'Malagueta', 'Mesa', 'Cheiro', 'Canaimé', 'Olho de peixe' and 'Muripi'. Each plot consisted of seven seedlings. The following descriptors were analyzed: canopy diameter, plant height, stem color, stem diameter, height of the 1st bifurcation, and leaf length. The following bioactive and other compounds were also evaluated: calories, capsaicin, total anthocyanins, carotenoids, titratable acidity, pH, total and soluble fibers, total and reducing sugars, humidity, ashes, lipids, carbohydrates, soluble solids, proteins, antioxidant activity by ORAC and DPPH methods, phenolic compounds and vitamin C. It was observed that the cultivars Mesa, Malagueta, Olho de Peixe and Cheiro presented the best results regarding height, stem diameter, cup diameter, favorable to field cultivation. It was also verified that the best cultivar for consumption was Malagueta, since it presented higher indices of physical-chemical analyzes, higher levels of bioactive compounds and the highest antioxidant activity.

**Key words:** Pepper. Antioxidant activity. Bioactive compounds.

**Resumo:** Embora as pimentas tenham um nicho específico de uso, devido seu emprego na gastronomia, estudos sobre caracterização morfoagronômica e das suas qualidades nutricionais são escassos. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os principais descritores e quantificar compostos bioativos das cultivares de pimenta (*Capsicum* spp.) mais cultivadas e consumidas no estado de Roraima, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, sendo avaliadas as seguintes pimentas: 'Malagueta', 'Mesa', 'Cheiro', 'Canaimé', 'Olho de peixe' e 'Muripi'. Cada parcela foi composta por sete mudas. Os seguintes descritores foram analisados: diâmetro da copa, altura da planta, cor do caule, diâmetro do caule, altura da 1ª bifurcação e comprimento da folha. Os seguintes compostos bioativos e outros compostos também foram avaliados nos frutos: calorias, capsaicina, antocianinas totais, carotenóides, acidez titulável, pH, fibras totais e solúveis, açúcares totais e redutores, umidade, cinzas, lipídios, carboidratos, sólidos solúveis, proteínas, atividade antioxidante por métodos ORAC e DPPH, compostos fenólicos e vitamina C. Observou-se que as cultivares Mesa, Malagueta, Olho de Peixe e Cheiro apresentaram os melhores resultados quanto à altura, diâmetro do caule, diâmetro do copo, favoráveis ao cultivo em campo. A cultivar Malagueta se mostra superior as outras para o consumo, por apresentar maiores índices de análises físico-químicas, maiores níveis de compostos bioativos e maior atividade antioxidante.

**Palavras-chave:** Atividade antioxidante. Compostos bioativos. Pimenta.

\*Corresponding author

Submitted for publication on 26/08/2021, approved on 18/09/2021 and published on 28/09/2021

<sup>1</sup>Federal University of Roraima, Agricultural Research Center. BR 174 Road km 12, 69310-270 Boa Vista, RR, Brazil. E-mails: rapelbtu@hotmail.com;

<sup>2</sup>Londrina State University, Agricultural Research Center. Celso Garcia Cid Road, km 380, P.O. Box 10.011, ZIP 86057-970, Londrina, PR, Brazil. E-mail: mshahab78@gmail.com; emykoyama@hotmail.com; sroberto@uel.br

## INTRODUCTION

The cultivation of peppers (*Capsicum* spp.) has a great importance in several regions of the world, either because of its characteristics of profitability, mainly when the producer adds value to the product, or because of its social importance. From the social point of view, pepper cultivation generates many jobs, since it requires a large amount of labor, especially at harvest (MOREIRA *et al.*, 2006). The peppers are part of the Brazilian cultural wealth and a valuable heritage of biodiversity. They are cultivated throughout the national territory, in an immense variation of sizes, colors, flavors and, of course, picanza or ardume.

Peppers have been widely cultivated and represented a significant item in the diet of indigenous populations. Even today, the importance of peppers remains great, whether in cooking, in beliefs, in allopathic or natural medicine and even as a weapon of defense. They are remedies for arthritis, muscle aches, toothache, poor digestion, headache and gastritis. Capsaicin, responsible for the pungency of peppers, is the only substance that, externally used in the body, generates endorphins internally that promote a sense of well-being, triggering the immunological potential.

The cultivation of peppers occurs practically in all regions of the country and is one of the best examples of family farming and small-farmer-agro-industry integration. The peppers (sweet and spicy), besides being consumed fresh, can be processed and used in several product lines in the food industry.

The genus *Capsicum*, from the Solanaceae family, has a global agricultural importance and is widely cultivated in temperate and tropical regions, not only because of its economic importance as a spice but also because of its nutritional, ornamental and medicinal value (POZZOBON *et al.*, 2006). However, in spite of their importance, statistical data on the production and commercialization of horticultural pepper in Brazil are scarce and the limited information available does not reflect the economic reality of this vegetable, since much of the production is traded in regional and local markets, which do not participate of the statistics (DOMENICO *et al.*, 2010).

## INTRODUÇÃO

O cultivo da pimenta (*Capsicum* spp.) tem grande importância em várias regiões do mundo, seja por suas características de rentabilidade, principalmente quando o produtor agrega valor ao produto, seja por sua importância social. Do ponto de vista social, o cultivo da pimenta gera muitos empregos, pois exige uma grande quantidade de mão de obra, principalmente na colheita (MOREIRA *et al.*, 2006). As pimentas fazem parte da riqueza cultural brasileira e um valioso patrimônio da biodiversidade. São cultivadas em todo o território nacional, numa imensa variação de tamanhos, cores, sabores e, claro, picança ou ardume.

As pimentas representam um item importante na dieta alimentar das populações indígenas. Ainda hoje, a importância das pimentas continua grande, seja na culinária, nas crenças, na medicina alopática ou natural e até mesmo como arma de defesa. Esses frutos são remédios para artrite, dores musculares, dor de dente, má digestão, dor de cabeça e gastrite. A capsaicina, responsável pela pungência das pimentas, é a única substância que, utilizada externamente no corpo, gera internamente endorfinas que promovem uma sensação de bem-estar, desencadeando o potencial imunológico.

O cultivo da pimenta ocorre em praticamente todas as regiões do país e é um dos melhores exemplos de integração da agricultura familiar e do pequeno agricultor com a agroindústria. As pimentas (doces e picantes), além de serem consumidas *in natura*, podem ser processadas e utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria alimentícia.

O gênero *Capsicum*, da família Solanaceae, possui importância agrícola global e é amplamente cultivado em regiões temperadas e tropicais, não apenas por sua importância econômica como condimento, mas também por seu valor nutricional, ornamental e medicinal (POZZOBON *et al.*, 2006). No entanto, apesar da sua importância, os dados estatísticos sobre a produção e comercialização de pimenta hortícola no Brasil são escassos e as poucas informações disponíveis não refletem a realidade econômica dessa hortaliça, uma vez que grande parte da produção é comercializada no mercado regional e local, que não participam das estatísticas (DOMENICO *et al.*, 2010).

The species *Capsicum chinense* has its most diverse area in the Amazon Basin, from which one can conclude that it has been domesticated by the indians (REIFSCHNEIDER, 2000). In the state of Roraima, in the extreme north of the Brazilian Amazon, the species *Capsicum frutescens* ('Malagueta' pepper) followed by the species *C. chinense* ('Murupi' and 'Olho-de-Peixe' peppers) are the most consumed and circulating morphotypes intensity and volume among local indigenous communities due to the high degree of pungency (BARBOSA *et al.*, 2002).

Studies on the bioactive compounds of peppers and evaluation of their morphoagronomic characteristics are scarce in the literature and without individualization by cultivar. The objective of this work was to evaluate the main descriptors and to quantify bioactive compounds of the most cultivated pepper cultivars (*Capsicum* spp.) and consumed in the state of Roraima, Brazil.

## MATERIAL AND METHODS

### Experimental area and conditions

The experiment was carried out at the Cauamé Campus of the Federal University of Roraima at the geographic coordinates 2°52'11"N and 60°42'49" W at 149 m altitude, from January to June, in the seasons 2014-2016, with an annual precipitation average of 1200 mm, relative humidity around 75%, with minimum temperature of 28 °C and maximum of 35 °C (INMET, 2018).

The experimental design was in randomized blocks, with six treatments and three replicates and seven plants per plot. Six cultivars of *Capsicum*, most commercialized and consumed in the State: 'Malagueta', 'Mesa', 'Cheiro', 'Canaimé', 'Olho-de-Peixe' and 'Murupi' were used in this experiment.

The sowing was performed from day 17 until January 22, in the seasons 2014-2016, in disposable cups of 500 mL. The transplantation to the definitive site in an experimental field was performed from February 28, 2015. Three lines of plants were settled spaced at 1 m between rows and 0.50 m between plants, each plot measuring 6 m<sup>2</sup> and border of 0.50 cm, according to the recommendations of Ribeiro *et al.* (2008). At 35 days after sowing of each cultivar, when the seedlings had three to four pairs of leaves, and 15 cm of height.

A espécie *Capsicum chinense* possui sua área mais diversa na Bacia Amazônica, em que se pode concluir que foi domesticada pelos índios (REIFSCHNEIDER, 2000). No estado de Roraima, extremo Norte da Amazônia brasileira, as espécies *Capsicum frutescens* (pimenta 'Malagueta') seguida da espécie *C. chinense* (pimentas 'Murupi' e 'Olho-de-Peixe') são as mais consumidas e intensidade e volume dos morfotipos circulantes entre as comunidades indígenas locais devido ao alto grau de pungência (BARBOSA *et al.*, 2002).

Estudos sobre os compostos bioativos das pimentas e avaliação de suas características morfoagronômicas são escassas na literatura e sem individualização por cultivares. Assim, objetivou-se que este trabalho avaliar os principais descritores morfoagronômicos e quantificar compostos bioativos das cultivares de pimenta (*Capsicum* spp.) mais cultivadas e consumidas no estado de Roraima, Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área experimental e condições

O experimento foi realizado no Campus Cauamé da Universidade Federal de Roraima nas coordenadas geográficas 2 ° 52'11 "N e 60 ° 42'49" W a 149 m de altitude, de janeiro a junho, no período de 2014 a 2016. A precipitação média anual de 1200 mm, umidade relativa em torno de 75%, com temperatura mínima de 28 °C e máxima de 35 °C (INMET, 2018).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com seis tratamentos e três repetições e sete mudas por parcela. Os tratamentos consistiram das cultivares de *Capsicum*, mais comercializadas e consumidas no Estado: 'Malagueta', 'Mesa', 'Cheiro', 'Canaimé', 'Olho-de-Peixe' e 'Murupi'.

A sementeira foi realizada entre os dias 17 a 22 de janeiro, em copos descartáveis de 500 mL. O transplante para o local definitivo, em campo experimental, foi realizado a partir de 28 de fevereiro de 2015. O plantio se deu em três linhas com espaçamento de 1 m entre linhas e 0,50 m entre plantas, a parcela 6 m<sup>2</sup> de área e bordadura de 0,50 m, de acordo com as recomendações de Ribeiro *et al.* (2008). Aos 35 dias após o transplante, foram avaliados os descritores das cultivares e avaliados os frutos. Esse foi repetido em mais dois ciclos.



Figure 1 - Species of peppers produced in the Northern Brazilian Amazon (Roraima state) and worked in this study.

Figura 1 - Espécies de pimentas produzidas na Amazônia Setentrional Brasileira (estado de Roraima) e trabalhadas nesse estudo.

### Cultivar descriptors

The following quantitative descriptors were analyzed: canopy diameter (m), plant height (cm); stem color, in scales of 1 to 4, being 1 = green, 2 = green with purple striae, 3 = purple and 4 = other; stem diameter (mm), height of the 1<sup>a</sup> bifurcation (cm), measured from the ground level to the 1<sup>st</sup> bifurcation; and leaf length (mm) (IPGRI, 1995).

### Descritores de cultivares

Foram analisados os seguintes descritores quantitativos: diâmetro da copa (m), altura da planta (cm); cor do caule, em escalas de 1 a 4, sendo 1 = verde, 2 = verde com estrias roxas, 3 = roxo e 4 = outro; diâmetro do caule (mm), altura da 1<sup>a</sup> bifurcação (cm), medido do nível do solo até a 1<sup>a</sup> bifurcação; e comprimento da folha (mm) (IPGRI, 1995).

## Bioactive and other compounds

The determination of the caloric value of the pepper cultivars was obtained according to IAL (2008), and results expressed in kcal 100 g<sup>-1</sup> of pulp.

For the determination of the capsaicin content, the fruits were cut and macerated. Then, 1 g of macerated and homogenized pepper was transferred to a beaker, adding 20 mL of methanol. The solution was subjected to ultrasonic bath for 20 minutes. Subsequently, the extract was filtered using qualitative analytical paper, and the filtrate was filled with methanol up to the 25 mL mark of the volumetric flask. An aliquot of 1 mL of this extract was membrane filtered, storing the extract obtained in one way for further analysis.

The quantification of the capsaicin content in fruits of each cultivar was performed by HPLC (Shimadzu, LC system HPLC system category), a pump (LC-6AD) and a UV-VIS detector (SPD-10AV VP). The column used was Thermo Gold® C18 (octadecyl) with 100 mm length, 3.0 mm internal diameter and 1.9 µm particle size. The initial mobile phase was composed of 30% ultra pure water (A) and 70% methanol: acetonitrile (95:5) (B) mixture at a flow rate of 0.4 ml min<sup>-1</sup>.

The UV detector was set at 280 nm. Quantification was performed by integrating the area of the peak obtained with the injection of 3 µL of sample extract. The data obtained from the analysis were interpolated to the calibration curve constructed with seven points of the standard substance (HA *et al.*, 2010). The results were expressed in mg.100 mL<sup>-1</sup> of pulp and peel. Before starting the analyzes, the calibration curve was obtained by comparison with the commercial capsaicin standard (Cayman Chemical, Michigan-USA), with purity greater than 95%.

For the determination of total anthocyanins, the (1982) methodology was used, in which the mass of the samples was corrected for 0.2 g of the sample (pulp and peel) in a beaker. After, 6 mL of 95% ethanol extracting solution + 1.5N HCl (85:15) was added. The sample extract was transferred to a 10 mL flask, and the volume was completed with the extractive solution.

This material was then transferred to test-tubes and stirred in tubes wrapped in foil and stored in the refrigerator. After 24 hours, the extracts from the samples were filtered and immediately subjected to reading in triplicate in a spectrophotometer at 535 nm. The results were expressed as mg of anthocyanins.100 g<sup>-1</sup> of wet basis and calculated by the formula: dilution factor x absorbance x 98.2.

## Bioativos e outros compostos

A determinação do valor calórico dos frutos das diferentes cultivares de pimenta foi obtida de acordo com IAL (2008), e os resultados expressos em kcal 100 g<sup>-1</sup> de polpa.

Para a determinação do teor de capsaicina, os frutos foram cortados e macerados. Em seguida, 1 g de pimenta macerada e homogeneizada foi transferida para um béquer, acrescentando-se 20 mL de metanol. A solução foi submetida a banho ultrassônico por 20 minutos. Em seguida, o extrato foi filtrado em papel analítico qualitativo, e o filtrado foi preenchido com metanol até a marca de 25 mL do frasco volumétrico. Uma alíquota de 1 mL deste extrato foi filtrada por membrana, armazenando-se o extrato obtido de uma forma para posterior análise.

A quantificação do teor de capsaicina nos frutos de cada cultivar foi realizada por HPLC (Shimadzu, LC system HPLC system category), uma bomba (LC-6AD) e um detector de UV-VIS (SPD-10AV VP). A coluna utilizada foi Thermo Gold® C18 (octadecil) com 100 mm de comprimento, 3,0 mm de diâmetro interno e 1,9 µm de tamanho de partícula. A fase móvel inicial era composta por 30% de água ultrapura (A) e 70% de metanol: acetonitrila (95:5) (B) da mistura a uma vazão de 0,4 mL min<sup>-1</sup>.

O detector de UV foi ajustado para 280 nm. A quantificação foi realizada integrando a área do pico obtida com a injeção de 3 µL de extrato da amostra. Os dados obtidos na análise foram interpolados para a curva de calibração construída com sete pontos da substância padrão (HA *et al.*, 2010). Os resultados foram expressos em mg 100 mL<sup>-1</sup> de polpa e casca. Antes de iniciar as análises, a curva de calibração foi obtida por comparação com o padrão comercial de capsaicina (Cayman Chemical, Michigan-USA), com pureza superior a 95%.

Para a determinação das antocianinas totais, foi utilizada a metodologia adaptada de Francis (1982), na qual a massa das amostras foi corrigida para 0,2 g da amostra (polpa e casca) em um béquer. Depois, foram adicionados 6 mL de solução de extração de etanol a 95% + HCl 1,5 N (85:15). O extrato da amostra foi transferido para um frasco de 10 mL, e o volume foi completado com a solução extrativa.

Esse material foi então transferido para tubos de ensaio e agitado em tubos embrulhados em papel alumínio e armazenado na geladeira. Após 24 horas, os extratos das amostras foram filtrados e imediatamente submetidos à leitura em triplicata em espectrofotômetro a 535 nm. Os resultados de antocianinas foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> de base úmida e calculados pela fórmula: fator de diluição x absorbância x 98,2.

For the extraction of the total carotenoids, 0.2 g of samples (pulp and shell), crushed and homogenized, were weighed and placed in test tubes covered with aluminum foil, where 10 mL of the hexane-acetone extraction solution (6:4). The extracts were stirred for 1 minute. Then, 9 minutes were taken and the extracts were filtered through cotton, and the reading was then done in triplicate in a spectrophotometer at 450 nm.  $\beta$ -carotene was used as the standard for the calibration curve (AOAC, 2010). The results were expressed as mg of  $\beta$ -carotene.100 g<sup>-1</sup> of wet basis.

The titratable acidity was determined by diluting 2.5 g of the pulp in 25 mL of distilled water and titration with 0.1 M NaOH to pH 8.1, and the results were expressed as g of citric acid.100 g<sup>-1</sup> of pulp (IAL, 2008). The pH was determined directly by potentiometer previously calibrated with buffer solutions pH 7.0 and 4.0, according to the temperature of the standards and samples (IAL, 2008).

The total and soluble fiber contents were determined by the gravimetric method AOAC (2010), and the results expressed in %. Meanwhile, the total and reducing sugars were determined according methodology to Nelson (1944), and the glucose results expressed in mg 100 g<sup>-1</sup> of pulp. Moisture contents were determined by the air circulation drying method, while ash content was determined by muffle incineration (AOAC, 2010). The results of these parameter variables were expressed in %.

Total lipids were determined by the Soxhlet extraction method and carbohydrate contents were calculated as the difference between 100 and the sum of the percentages of water, protein, total lipids, ash and alcohol, when present (AOAC, 2010), expressed in %. The soluble solids contents (°Brix) were determined by refractometry, using a portable refractometer with temperature correction, using a drop of pure juice in triplicates (IAL, 2008).

Protein contents were calculated from the total nitrogen contents, using the conversion factors recommended by Jones (1941). The overall factor of 6.25 was used to calculate proteins in items that do not have a specific conversion factor. Total nitrogen was determined by the Kjeldahl method (AOAC, 2010). Results expressed in %.

The determination of the antioxidant activity of the pepper cultivars by the DPPH method (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical) (Brand-Willians *et al.*,1995). Was performed on a 96-well reader (Synergy HT Multi-Mode Microsheet Reader, BioTek Industries), and the absorbance reduction at 517 nm was monitored every 5 minutes until the reaction reached a plateau.

Para a extração dos carotenóides totais, 0,2 g de amostras (polpa e casca), trituradas e homogeneizadas, foram pesadas e colocadas em tubos de ensaio revestidos com folha de alumínio, onde 10 mL da solução de extração hexano-acetona (6:4). Os extratos foram agitados durante 1 minuto, sedimentação por 9 minutos e filtrados em algodão. A leitura foi realizada empregando espectrofotômetro a 450 nm de comprimento de onda, em triplicata. O  $\beta$ -caroteno foi usado como padrão para a curva de calibração (AOAC, 2010). Os resultados de  $\beta$ -caroteno foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> de base úmida.

A acidez titulável foi determinada diluindo 2,5 g da polpa em 25 mL de água destilada e titulação com NaOH 0,1 M até pH 8,1. Os resultados para essa acidez (ácido cítrico) foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup> de polpa (IAL, 2008). O pH foi determinado diretamente por potenciômetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, de acordo com a temperatura dos padrões e amostras (IAL, 2008).

Os teores de fibra total e solúvel foram determinados pelo método gravimétrico AOAC (2010), e os resultados expressos em %. Enquanto, os açúcares totais e redutores foram determinados segundo metodologia de Nelson (1944), e os resultados de glicose expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa. Os teores de umidade foram determinados pelo método de secagem por circulação de ar ,enquanto o teor de cinzas foi determinado por incineração por mufla (AOAC, 2010). Os resultados dessas variáveis parâmetros foram expressos em %.

Os lipídios totais foram determinados pelo método de extração de Soxhlet e os teores de carboidratos foram calculados pela diferença entre 100 e a soma dos percentuais de água, proteína, lipídios totais, cinzas e álcool, quando presentes (AOAC, 2010), expressos em %. Os teores de sólidos solúveis (°Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se um refratômetro portátil com correção de temperatura, utilizando uma gota de suco puro em triplicatas (IAL, 2008).

Os teores de proteína foram calculados a partir dos teores de nitrogênio total, usando os fatores de conversão recomendados por Jones (1941). O fator geral de 6,25 foi usado para calcular as proteínas em itens que não têm um fator de conversão específico. O nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl (AOAC, 2010). Os resultados foram expressos em %.

A determinação da atividade antioxidante das cultivares de pimenta pelo método DPPH (radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazila) foi realizada de acordo com Brand-Willians *et al.* (1995). O ensaio foi realizado em leitor de 96 poços (Synergy HT Multi-Mode Microsheet Reader, BioTek Industries), e redução da absorvância em 517 nm, monitorada a cada 5 minutos até a reação atingir um patamar.

The determinations were performed by adding 250  $\mu\text{L}$  of the DPPH solution and 40  $\mu\text{L}$  of methanol to the control, or the same volume for standard solutions (BHA, BHT, ascorbic acid, chlorogenic acid, quercetin and trolox) and extracts of samples. The DPPH remaining at the end of the reaction was determined and quantified as the DPPH radical sequestering activity using a standard Trolox curve. The antioxidant activity by the DPPH method was expressed in  $\mu\text{molEq Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ .

The determination of the antioxidant activity by the ORAC (Absorption Capacity of Radical Oxygen) method was performed based by Ou *et al.* (2001) and Huang *et al.* (2002), used in microplates, with fluorescein. The assay was performed on a 96-well reader (Synergy HT Multi-Mode Microsheet Reader, BioTek Industries). A volume of 25  $\mu\text{L}$  of the sample was mixed with 150  $\mu\text{L}$  of fluorescein (55.5 nM) and incubated for 15 minutes at 37 °C on the microplate before the automatic injection of 25  $\mu\text{L}$  of the AAPH solution (155 mM).

The fluorescence was monitored for 50 minutes by readings ( $\lambda$  excitation = 485 nm,  $\lambda$  emission = 520 nm). Trolox solutions were prepared for the calibration curve (8, 16, 24, 32 and 40M). All solutions were diluted in phosphate buffer (75 mM, pH 7.4). The samples were analyzed in three dilutions, considering the mean value as the final ORAC value, as recommended by Huang *et al.* (2002).

The quantification of the antioxidant activity was based on the calculation of the area under the decay curve of the fluorescence as proposed by Prior *et al.* (2003). The results were expressed in  $\mu\text{mol Eq Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ .

The total phenolic compounds contents were determined using the spectrophotometer method using the Folin-Ciocalteu reagent (Merck), following methodology by Wettasinghe and Shahidi (1999) and standard curve of gallic acid. The results were expressed as mg of gallic acid  $100 \text{ g}^{-1}$ .

The determination of the vitamin C contents was performed in HPLC (Shimadzu, LC system HPLC system category), a pump (LC-6AD) and a UV-VIS detector (SPD-10AV VP). The column used was YMC-Pack ODS (250 mm x 4.6 mm, ID 5 mm). The mobile phases were adjusted with water of pH 3 acidified with phosphoric acid.

Separation was performed by isocratic elution with flow  $0.4 \text{ mL min}^{-1}$ , the column being at room temperature. The UV detector was set at 254 nm.

As determinações foram realizadas adicionando 250  $\mu\text{L}$  da solução DPPH e 40  $\mu\text{L}$  de metanol ao controle, ou mesmo volume para as soluções padrão (BHA, BHT, ácido ascórbico, ácido clorogênico, quercetina e trolox) e extratos das amostras. O DPPH remanescente no final da reação foi determinado e quantificado como a atividade sequestrante do radical DPPH usando uma curva Trolox padrão. A atividade antioxidante pelo método DPPH foi expressa em  $\mu\text{molEq Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ .

A determinação da atividade antioxidante pelo método ORAC (Absorption Capacity of Radical Oxygen) foi realizada com base em Ou *et al.* (2001) e Huang *et al.* (2002), usado em microplacas, com fluoresceína. O ensaio foi realizado em leitor de 96 poços (Synergy HT Multi-Mode Microsheet Reader, BioTek Industries). Um volume de 25  $\mu\text{L}$  da amostra foi misturado com 150  $\mu\text{L}$  de fluoresceína (55,5 nM) e incubado por 15 minutos a 37 °C na microplaca antes da injeção automática de 25  $\mu\text{L}$  da solução de AAPH (155 mM).

A fluorescência foi monitorizada durante 50 minutos por leituras ( $\lambda$  excitação = 485 nm,  $\lambda$  emissão = 520 nm). Soluções Trolox foram preparadas para a curva de calibração (8, 16, 24, 32 e 40 M). Todas as soluções foram diluídas em tampão fosfato (75 mM, pH 7,4). As amostras foram analisadas em três diluições, considerando o valor médio como valor do ORAC final, conforme recomendado por Huang *et al.* (2002).

A quantificação da atividade antioxidante foi baseada no cálculo da área sob a curva de decaimento da fluorescência proposto por Prior *et al.* (2003). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol Eq Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ .

Os teores de compostos fenólicos totais foram determinados pelo método espectrofotômetro com o reagente Folin-Ciocalteu (Merck), seguindo metodologia de Wettasinghe e Shahidi (1999) e curva padrão de ácido gálico. Os resultados em de ácido gálico foram expressos em mg  $100 \text{ g}^{-1}$ .

A determinação dos teores de vitamina C foi realizada em HPLC (Shimadzu, LC system HPLC system category), uma bomba (LC-6AD) e um detector de UV-VIS (SPD-10AV VP). A coluna usada foi YMC-Pack ODS (250 mm x 4,6 mm, ID 5 mm). As fases móveis foram ajustadas com água de pH 3 acidificada com ácido fosfórico.

A separação foi realizada por eluição isocrática com fluxo de  $0,4 \text{ mL min}^{-1}$ , estando a coluna em temperatura ambiente. O detector de UV foi ajustado para 254 nm.

Quantification was based on peak area measurement. The results were expressed in mg.100 mL<sup>-1</sup> of pulp and peel. A sample of 10 g was extracted into 10 mL of water adjusted to pH 1.5 with 10 mL of phosphoric acid in water (2%, v/v). The extracts were filtered on filter paper. After, 1.5 mL of buffer (0.01 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH 8.0) was added to 1.5 mL of the extract from the sample. Thereafter 1.0 mL of such mixtures were charged into C18 cartridges. After loading, 3 mL of adjusted water (pH 1.5) with 2 mL of phosphoric acid (2%, v/v) were passed through the cartridges and 20 mL of eluents were injected into the HPLC (AOAC, 2010). The results were expressed as mg ascorbic acid 100 g<sup>-1</sup> of wet basis.

The results of each evaluated variable were submitted to analysis of variance (ANOVA) using the ASSISTAT 7.7 software and the Tukey's test was used at 5% significance level.

## RESULTS AND DISCUSSION

All the data presented here represent an average performed during 3 study seasons (years). Over the three years, it has no detected statistical any significant variations between them.

### Descriptors of pepper cultivars

Regarding the canopy diameter (Figure 2A), the treatments did not differ statistically. In spite of this, it was visible to the field, that the cultivar Mesa had high production of fruits, being still observed a diversification of the fruits as to the format and coloration in the same plant. Lopes *et al.* (2016) found similar results, and Sudré *et al.* (2005), observing values for canopy diameter in two different groups, with averages varying between 0.35 and 1.55 m.

The recommended spacing for pepper and pepper cultivation is on average 0.5 x 1.0 m (0.5 m<sup>2</sup>) per plant. This value is ideal for a plant with 0.80 m canopy diameter, obtaining greater photosynthetic capacity, greater productivity efficiency, allied to the cultural treatments given to the crop during its stay in the field (FIGUEIRA, 2000). This descriptor is important for crop management, since a very high plant with a small canopy may need mentoring.

A quantificação foi baseada na medição da área do pico. Os resultados foram expressos em mg 100 mL<sup>-1</sup> de polpa e casca. Uma amostra de 10 g foi extraída em 10 mL de água ajustada para pH 1,5 com 10 mL de ácido fosfórico em água (2%, v/v). Os extratos foram filtrados em papel de filtro. Depois, 1,5 mL de tampão (0,01 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH 8,0) foram adicionados a 1,5 mL do extrato da amostra. Posteriormente, 1,0 mL de tais misturas foram carregados em cartuchos C18. Após o carregamento, 3 mL de água ajustada (pH 1,5) com 2 mL de água com ácido fosfórico (2%, v/v) foram passados pelos cartuchos e 20 mL de eluentes foram injetados no HPLC (AOAC, 2010). Os resultados em ácido ascórbico foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> em base úmida.

Os dados obtidos do conjunto de variáveis foram submetidos à análise de variância por ciclo e análise conjunta, conforme os pressupostos. Para separação das médias empregou-se teste de Tukey ao nível de significância de 5%, por meio do software ASSISTAT 7.7

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

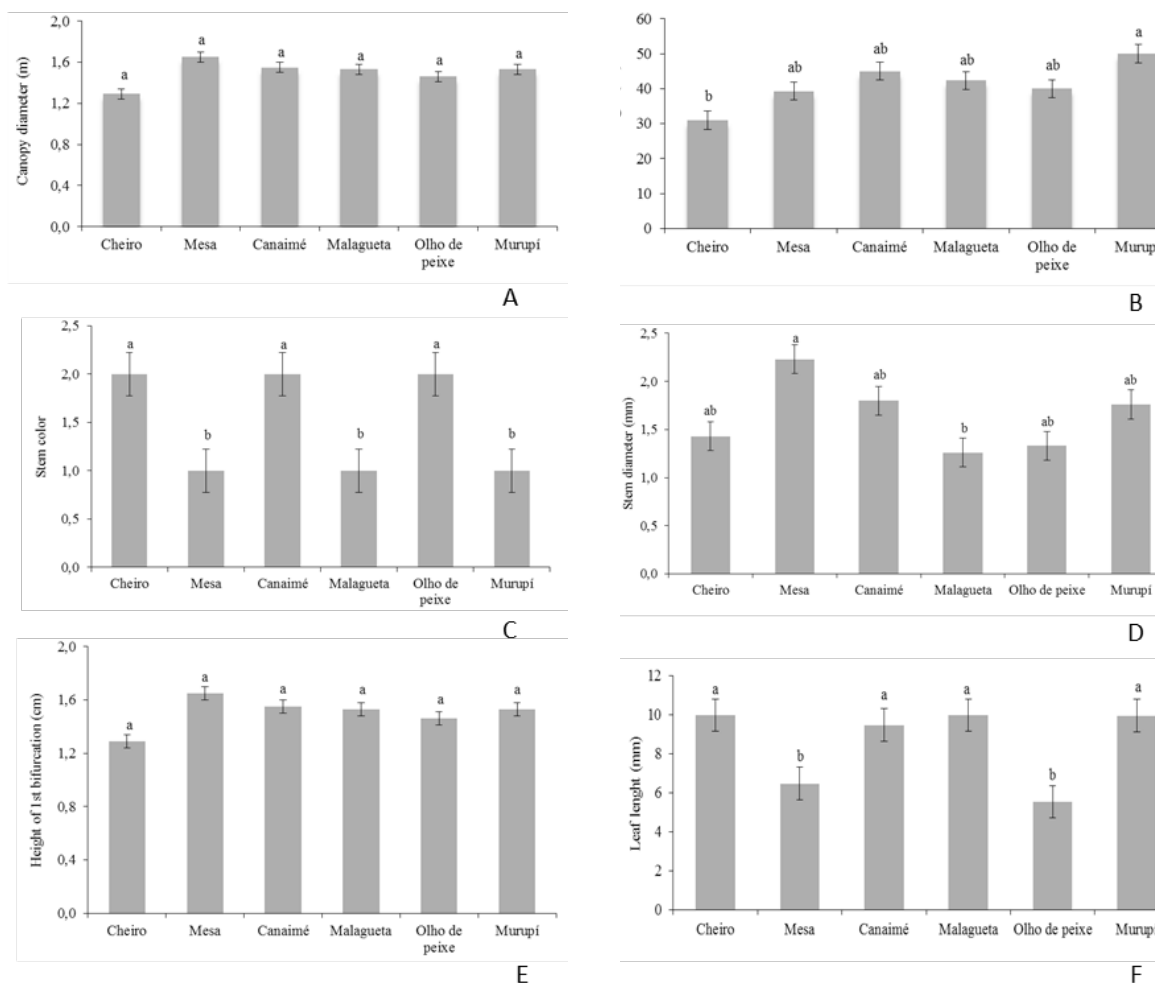
Todos os dados aqui apresentados representam uma média realizada durante três ciclos de cultivo. Por meio da análise conjunta dos dados de cada variável, não se verificou nenhuma diferença estatística significativa.

### Descritores de cultivares de pimenta

Em relação ao diâmetro do dossel (Figura 2A), os tratamentos não diferiram estatisticamente. Apesar disso, era visível em campo, que a cultivar Mesa teve alta produção de frutos, sendo observada ainda uma diversificação dos frutos quanto ao formato e coloração na mesma planta. Lopes *et al.* (2016) encontraram resultados semelhantes, e Sudré *et al.* (2005), observaram valores para o diâmetro do dossel em dois grupos distintos, com médias variando entre 0,35 e 1,55 m.

O espaçamento recomendado para o cultivo de pimenta é em média 0,5 x 1,0 m (0,5 m<sup>2</sup>) por planta, valor ideal para planta com 0,80 m de diâmetro de copa, para maior capacidade fotossintética, maior eficiência de produtividade, aliada aos tratos culturais dados à cultura durante sua permanência no campo (FIGUEIRA, 2000). Este descritor é importante para o manejo da cultura, uma vez que uma planta muito alta com uma copa pequena pode precisar de orientação.





**Figure 2** - Canopy diameter (A), plant height (B), stem color (C), stem diameter (D), height of the 1st bifurcation (E) and leaf length (F) of six cultivars of pepper (*Capsicum* spp.).

Means followed by same letters do not statistically differ by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). Scales of stem color: 1 = green, 2 = green with purple striae, 3 = purple and 4 = other.

**Figure 1** - Diâmetro do dossel (A), altura da planta (B), cor do caule (C), diâmetro do caule (D), altura da 1ª bifurcação (E) e comprimento da folha (F) de seis cultivares de pimenta (*Capsicum* spp.).

\*Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Escalas de cor do caule: 1 = verde, 2 = verde com estrias roxas, 3 = roxo e 4 = outro.

Regarding the height of the plants (Figure 2B), the cultivars Cheiro and Murupí were the only ones that differed statistically, while the cultivars Mesa, Canaimé, Malagueta and Olho-de-Peixe presented no statistical difference between them. According to Pinto *et al.* (2010), the Olho-de-Peixe cultivar presented a similar result (39 cm). According to Henz and Moretti (2008), plants with a height of less than 50 cm make it difficult to harvest, forcing pickers to crouch or sit on benches positioned next to the plants. When the plants are higher than 20 cm, it is possible to harvest them standing in a more comfortable position. Pinto (2011) reports that the 'Malagueta' pepper is shrub with approximately 90 to 120 cm in height, and is quite branched.

Em relação à altura das plantas (Figura 2B), as cultivares Cheiro e Murupí foram as únicas que diferiram estatisticamente, enquanto as cultivares Mesa, Canaimé, Malagueta e Olho-de-Peixe não apresentaram diferença estatística entre si. De acordo com Pinto *et al.* (2010), a cultivar Olho-de-Peixe apresentou resultado semelhante (39 cm). Segundo Henz e Moretti (2008), plantas com altura inferior a 50 cm dificultam a colheita, obrigando os colhedores a se agachar ou se sentar em bancos posicionados próximos às plantas. Quando as plantas têm mais de 20 cm de altura, é possível colhê-las de pé em uma posição mais confortável. Pinto (2011) relata que a pimenta 'Malagueta' é um arbusto com aproximadamente 90 a 120 cm de altura, e bastante ramificado.

The height of the plant is a feature constantly taken into account when it is intended to carry out a commercial plantation of fruits. In the case of peppers, the ideal is that the plants are not prostrate, so that there is a facilitation of the harvest and possible losses of fruits when coming into contact with the soil. Rufino and Penteado (2006) report that plants up to 45 cm in height are the most suitable for pot growing. Neitzke (2008) points out that small pepper plants can also be grown in the garden, and that higher plants are recommended for cultivation in functional gardens, such as spices, medicinal plants and aromatics. According to Bento *et al.* (2007), it is necessary to know in advance the height of the plant in order to determine the cultural practices of a pepper or pepper crop. This information is fundamental in determining the need for tutoring, type of tutor, amount of labor, and spending on pesticides.

Regarding the color of the stem (Figure 2C), the cultivars Mesa, Malagueta and Murupí presented the same green color, whereas the chilies Cheiro, Canaimé and Olho-de-Peixe presented the green color with purple stripes. The color of the stem indicates the presence or absence of bioactive substances with antioxidant properties such as anthocyanins, carotenoids, among others. Simões *et al.* (2004) also highlight the carotenoid content, associated with red color, and the presence of ascorbic acid and this may explain the variation observed in this work. The same observation was made in the studies by Buso *et al.* (2001) and Sudré *et al.* (2005, 2006).

For the stem diameter (Figure 2D), the cultivar Mesa presented the highest average and the Malagueta the lowest, while the other cultivars did not differ statistically. As to the height of the 1<sup>st</sup> bifurcation (Figure 2E), there was no significant difference among treatments. Souza (2015) when evaluating pepper cultivars obtained averages between 25 and 30 cm for the 1<sup>st</sup> bifurcation height, values similar to those found in this study, whereas Neto *et al.* (2014) found averages of 6 to 18 cm for height of 1<sup>st</sup> bifurcation.

For the leaf length (Figure 2F), the Mesa and Olho-de-Peixe cultivars differed from the others, presenting smaller mean values than the cultivars Cheiro, Canaimé, Malagueta and Murupí. The leaf length characteristic is closely related to the photosynthetic need of the plant to produce its fruits, and the leaves of greater length and width, respectively, are related to the plants with fruits that will be larger. Silva *et al.* (2011) report that the leaf shape and growth habit of the plant, along the shape and color of the fruits, are quite significant in the trade of ornamental peppers. Neto *et al.* (2014) found values of 13.6 to 23.3 mm of leaf length, values higher than those found in this study.

A altura da planta é uma característica constantemente levada em consideração quando se pretende fazer um plantio comercial de frutos. No caso das pimentas, o ideal é que as plantas não fiquem prostradas, para que haja facilidade na colheita e não ocorrer perdas de frutos ao entrarem em contato com o solo. Rufino e Penteado (2006) relatam que as plantas de até 45 cm de altura são as mais indicadas para o cultivo em vasos. Neitzke (2008) aponta que pequenas plantas de pimenta também podem ser cultivadas no jardim, e que plantas altas são recomendadas para cultivo em jardins funcionais, como especiarias, plantas medicinais e aromáticas. De acordo com Bento *et al.* (2007), é necessário saber com antecedência a altura da planta para determinar as práticas culturais de uma cultura de pimentão ou pimenta. Essas informações são fundamentais para determinar a necessidade de tutoria, tipo de tutor, quantidade de mão de obra e gastos com agrotóxicos.

Em relação à cor do caule (Figura 2C), as cultivares Mesa, Malagueta e Murupí apresentaram a mesma cor verde, enquanto Cheiro, Canaimé e Olho-de-Peixe apresentaram a cor verde com listras roxas. A cor do caule indica a presença ou ausência de substâncias bioativas com propriedades antioxidantes como antocianinas, carotenoides, entre outras. Simões *et al.* (2004) também destacam o teor de carotenoides, associado à cor vermelha, e a presença de ácido ascórbico e isso pode explicar a variação observada neste trabalho. A mesma observação foi feita nos estudos de Buso *et al.* (2001) e Sudré *et al.* (2005, 2006).

Para o diâmetro do caule (Figura 2D), a cultivar Mesa apresentou a maior média e a Malagueta a menor, enquanto as demais cultivares não diferiram estatisticamente. Quanto à altura da 1<sup>a</sup> bifurcação (Figura 2E), não houve diferença significativa entre os tratamentos. Souza (2015) ao avaliar cultivares de pimenta obteve médias entre 25 e 30 cm para a altura da 1<sup>a</sup> bifurcação, valores semelhantes aos encontrados neste estudo, enquanto Neto *et al.* (2014) encontraram médias de 6 a 18 cm para a altura da 1<sup>a</sup> bifurcação.

Para o comprimento da folha (Figura 2F), as cultivares Mesa e Olho-de-Peixe diferiram das demais, apresentando valores médios menores que as cultivares Cheiro, Canaimé, Malagueta e Murupí. A característica do comprimento da folha está intimamente relacionada à necessidade fotossintética da planta para produzir seus frutos, e as folhas de maior comprimento e largura, respectivamente, estão relacionadas às plantas com frutos que serão maiores. Silva *et al.* (2011) relatam que o formato da folha e o hábito de crescimento da planta, junto com o formato e a cor dos frutos, são características importantes no comércio de pimentas ornamentais. Neto *et al.* (2014) encontraram valores de 13,6 a 23,3 mm de comprimento foliar, valores superiores aos encontrados neste estudo.

## Physico-chemical characteristics of pepper cultivars

As for the caloric value (Figure 3A), the ‘Malagueta’ pepper showed the highest mean, followed by Murupí, and it was observed that the ‘Cheiro’ pepper was the least caloric, not differing from Canaimé. The nutrients of fruits of *Capsicum* spp. are found in varying amounts in pepper and when ingested in adequate proportions in the diet, they are able to assure the maintenance of the vital functions of the organism, supplying its needs of energy production, tissue elaboration and maintenance and biological equilibrium (PEREIRA, 2004). When foods contain condiments, this effect is further prolonged, causing more calories to be burned, and meals with added pepper and mustard increase the metabolic rate significantly. Caloric and nutrient sources are of vital importance and can be used for nutritional recommendations and also for public and epidemiological health policies (SCAGLIUSI; JÚNIOR, 2003).

Regarding the determination of capsaicin in the cultivars (Figure 3B), ‘Malagueta’ stood out from the other varieties, followed by ‘Murupí’, while the others did not present significant differences among them. According Masi *et al.* (2007), the value of total capsaicinoid content in fresh fruits from eight *Capsicum annuum* populations ranged from 34.6 to 146.0 mg 100g<sup>-1</sup>. These same authors pointed out that the oscillation between the total values of capsaicinoids in fresh and dry fruits is due to different percentages in the water content. The diversity of values found for capsaicin content is explained by some authors as a response affected by genotype-environment interaction, sometimes with predominance of environmental factors. The same pepper cultivar planted at different locations may present different capsaicinoid contents, since any stress on the plant alters the fruit pungency (RIBEIRO *et al.*, 2008; BORGES-GOMÉZ *et al.*, 2010).

Currently, scientific studies indicate that capsaicin, responsible for the burning sensation, has three important pharmacological effects: anti-inflammatory, acting as a wound healing; antioxidant, acting on the dissolution of blood clots; and promoting the release of endorphins, responsible for the sense of well-being and mood variation, preventing atherosclerosis.

In relation to the quantification of total anthocyanins (Figure 3C), the cultivars Cheiro, Mesa and Murupí stood out, and the others did not present significant differences between them. In the case of *Capsicum* fruits, anthocyanin compounds are rarely studied, and studies with this type of pigment are rare, although there are reports of peppers with purple pigmentation, due to the presence of anthocyanins (AZA-GONZALEZ *et al.*, 2011).

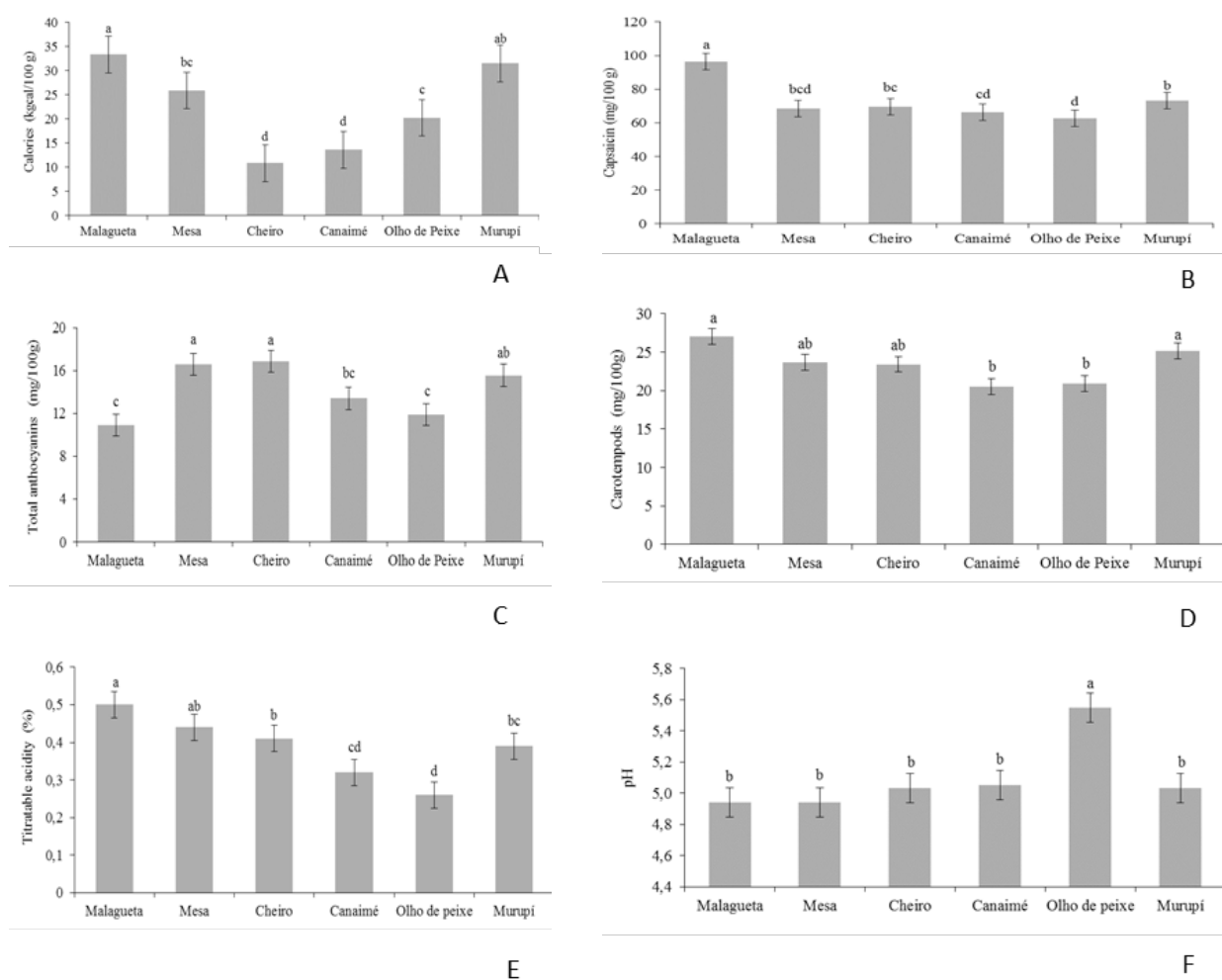
## Características físico-químicas de cultivares de pimenta

Quanto ao valor calórico (Figura 3A), a pimenta ‘Malagueta’ apresentou a maior média, seguida da Murupí, e observou-se que a pimenta ‘Cheiro’ foi a menos calórica, não diferindo da Canaimé. Os nutrientes dos frutos de *Capsicum* spp. são encontrados em quantidades variáveis na pimenta e quando ingeridos em proporções adequadas na dieta, são capazes de assegurar a manutenção das funções vitais do organismo, suprindo suas necessidades de produção de energia, elaboração e manutenção de tecidos e equilíbrio biológico (PEREIRA, 2004). Quando os alimentos contêm condimentos, esse efeito é ainda mais prolongado, fazendo com que mais calorias sejam queimadas, e as refeições com adição de pimenta e mostarda aumentam significativamente a taxa metabólica. As fontes calóricas e nutricionais são de vital importância e podem ser utilizadas para recomendações nutricionais, políticas públicas e epidemiológicas de saúde (SCAGLIUSI; JÚNIOR, 2003).

Em relação à determinação da capsaicina nas cultivares (Figura 3B), ‘Malagueta’ se destacou das demais variedades, seguida de ‘Murupí’, enquanto as demais não apresentaram diferenças significativas entre si. Segundo Masi *et al.* (2007), o valor do conteúdo total de capsaicinóides em frutas frescas de oito populações de *Capsicum annuum* variou de 34,6 a 146,0 mg 100 g<sup>-1</sup>. Esses mesmos autores apontaram que a oscilação entre os valores totais de capsaicinóides em frutas frescas e secas se deve a diferentes percentuais no teor de água. A diversidade de valores encontrados para o conteúdo de capsaicina é explicada por alguns autores como uma resposta a interação genótipo-ambiente, às vezes com predominância de fatores ambientais. Uma mesma cultivar de pimenta plantada em diferentes locais pode apresentar diferentes teores de capsaicinóides, uma vez que qualquer estresse na planta altera a pungência do fruto (RIBEIRO *et al.*, 2008; BORGES-GOMÉZ *et al.*, 2010).

Atualmente, estudos científicos indicam que a capsaicina, responsável pela sensação de queimação, possui três importantes efeitos farmacológicos: anti-inflamatório, atuando como cicatrizante; antioxidante, atuando na dissolução de coágulos sanguíneos; e promover a liberação de endorfinas, responsáveis pela sensação de bem-estar e variação do humor, prevenindo a aterosclerose.

Em relação à quantificação das antocianinas totais (Figura 3C), as cultivares Cheiro, Mesa e Murupí se destacaram, e as demais não apresentaram diferenças significativas entre si. No caso dos frutos de *Capsicum*, os compostos antocianínicos são raramente estudados, sendo raros os estudos com esse tipo de pigmento, embora haja relatos de pimentas com pigmentação roxa, devido à presença de antocianinas (AZA-GONZALEZ *et al.*, 2011).



**Figure 3** - Calories (A), capsaicin (B), total anthocyanins (C), carotenoids (D), titratable acidity (E) and pH (F) of six cultivars of pepper (*Capsicum* spp.).

Means followed by same letters do not statistically differ by Tukey's test ( $p < 0.05$ ).

**Figura 3** - Calorias (A), capsaicina (B), antocianinas totais (C), carotenóides (D), acidez titulável (E) e pH (F) de seis cultivares de pimenta (*Capsicum* spp.).

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

By the analysis of carotenoids (Figure 3D), it was verified that the cultivars Malagueta and Murupi presented the highest averages. In plants of the genus *Capsicum*, the carotenoids are the compounds responsible for the color variability of the fruits, and these are synthesized during the ripening stages (LUO *et al.*, 2011).

As for titratable acidity (Figure 3E), 'Malagueta' pepper showed the highest average, while the other varieties had lower mean values.

Pela análise dos carotenóides (Figura 3D), verificou-se que as cultivares Malagueta e Murupi apresentaram as maiores médias. Em plantas do gênero *Capsicum*, os carotenóides são os compostos responsáveis pela variabilidade da cor dos frutos, sendo sintetizados durante a fase de maturação (LUO *et al.*, 2011).

Quanto à acidez titulável (Figura 3E), a pimenta 'Malagueta' apresentou a maior média, enquanto as demais variedades apresentaram valores médios mais baixos.

In this sense, acidity can be considered an important characteristic in the appreciation of the state of conservation of a food product, reflecting processes of food decomposition, either by hydrolysis, oxidation or fermentation (OLIVEIRA *et al.*, 2003). In this sense, according to Reis *et al.* (2015), the higher the titratable acidity content in the fruit, the better its conservation status, which directly reflects the quality of the final product for consumption.

Regarding the pH of the fruits (Figure 3F), the cultivar Olho-de-Peixe presented the highest average among the varieties studied. The pH measurement is an important characteristic for determining the deterioration of the product, due to the presence and growth of microorganisms harmful to health (BRAGA *et al.*, 2013). More acidic fruits are, of course, more stable to spoilage than foods that have pH close to neutrality.

Regarding the total fibers (Figure 4A), the Canaimé and Olho-de-Peixe cultivars did not differ statistically from each other, presenting the highest averages, while there were differences between the others. In relation to the soluble fibers (Figure 4B), the cultivar Olho-de-Peixe presented the highest average, distancing statistically from the others. The fiber content in hot peppers is considerably higher than the contents of some fruits and some cereals, making this species an important source of fibers (LUTZ; FREITAS, 2008).

In the quantification of total sugars (Figure 4C), 'Malagueta' and 'Olho-de-Peixe' peppers did not differ between each other. The other cultivars did not differ statistically among themselves. Fructose and glucose together represent 70% of total and reducing sugars that are at maximum levels in red and juicy peppers (LUTZ; FREITAS, 2008). The values obtained here can be considered much superior than to those found by Braga *et al.* (2013), who observed averages in the order of 1.90% in eleven pepper progenies, with a minimum content of 1.00 and a maximum of 1.66%.

For the reducing sugars (Figure 4D), the 'Malagueta', 'Cheiro' and 'Olho de Peixe' peppers presented the highest averages but did not differ from each other. Pepper is a fruit rich in simple sugars (glucose, fructose and sucrose), which make up most of the soluble solids found in fruits. However, such high soluble solids content may also be due to the presence of other compounds present at high concentrations in peppers, such as pectins, phenolic compounds, vitamins, salts, acids, amino acids and some proteins.

As for moisture content (Figure 4E), 'Cheiro', 'Mesa' and Canaimé' peppers showed the highest means, and the other cultivars showed significantly different values among themselves.

A acidez é uma característica importante na apreciação do estado de conservação de um produto alimentar, refletindo processos de decomposição dos alimentos, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação (OLIVEIRA *et al.*, 2003). De acordo com Reis *et al.* (2015), quanto maior o teor de acidez titulável da fruta, melhor seu estado de conservação, o que reflete diretamente na qualidade do produto para consumo.

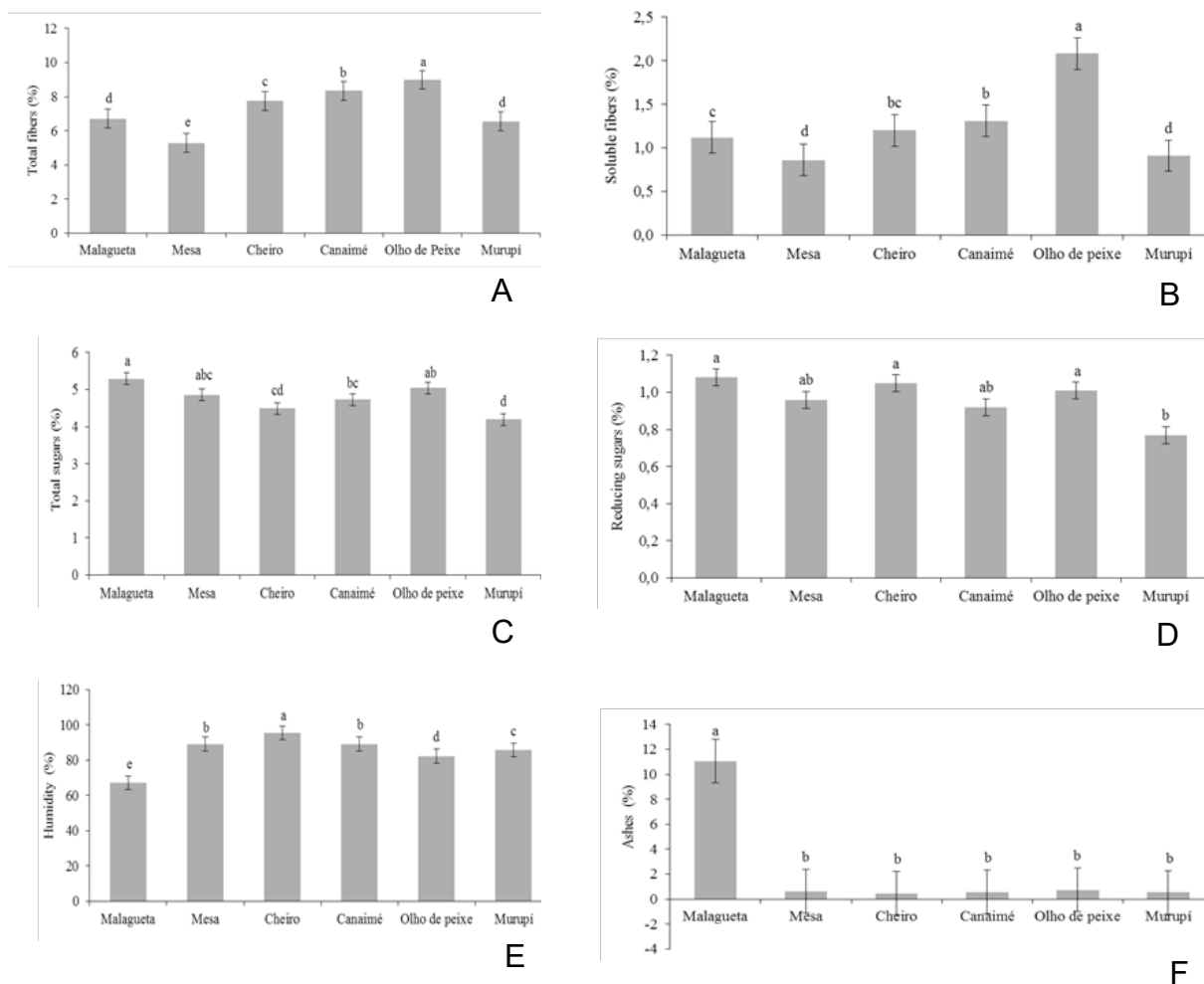
Em relação ao pH dos frutos (Figura 3F), a cultivar Olho-de-Peixe apresentou a maior média entre as variedades estudadas. A medição do pH é uma característica importante para determinar a deterioração do produto, devido à presença e crescimento de microrganismos prejudiciais à saúde (BRAGA *et al.*, 2013). Frutas mais ácidas são mais estáveis à deterioração do que alimentos com pH próximo da neutralidade.

Em relação às fibras totais (Figura 4A), as cultivares Canaimé e Olho-de-Peixe não diferiram estatisticamente entre si, apresentando as maiores médias, enquanto ocorreram diferenças entre as demais. Em relação às fibras solúveis (Figura 4B), a cultivar Olho-de-Peixe apresentou a maior média, distanciando-se estatisticamente das demais. O teor de fibra na pimenta picante é consideravelmente superior ao teor de algumas frutas e alguns cereais, tornando esta espécie uma importante fonte de fibras (LUTZ; FREITAS, 2008).

Na quantificação dos açúcares totais (Figura 4C), as pimentas 'Malagueta' e 'Olho-de-Peixe' não diferiram entre si. As demais cultivares não diferiram estatisticamente entre si. A frutose e a glicose juntas representam 70% dos açúcares totais e redutores que estão em níveis máximos nas pimentas vermelhas e suculentas (LUTZ; FREITAS, 2008). Os valores aqui obtidos podem ser considerados muito superiores aos encontrados por Braga *et al.* (2013), que observaram médias da ordem de 1,90% em onze progênies de pimenta, com teor mínimo de 1,00 e máximo de 1,66%.

Para os açúcares redutores (Figura 4D), as pimentas 'Malagueta', 'Cheiro' e 'Olho de Peixe' apresentaram as maiores médias, mas não diferiram entre si. A pimenta é uma fruta rica em açúcares simples (glicose, frutose e sacarose), que constituem a maior parte dos seus sólidos solúveis. No entanto, esse alto teor de sólidos solúveis também pode ser devido à presença de outros compostos presentes em altas concentrações nas pimentas, como pectinas, compostos fenólicos, vitaminas, sais, ácidos, aminoácidos e algumas proteínas.

Quanto ao teor de umidade (Figura 4E), as pimentas 'Cheiro', 'Mesa' e Canaimé' apresentaram as maiores médias, e as demais cultivares apresentaram valores significativamente diferentes entre si.



**Figure 4** - Total fibers (A), soluble fibers (B), total sugars (C), reducing sugars (D), humidity (E) and ashes (F) of six cultivars of pepper (*Capsicum* spp.).

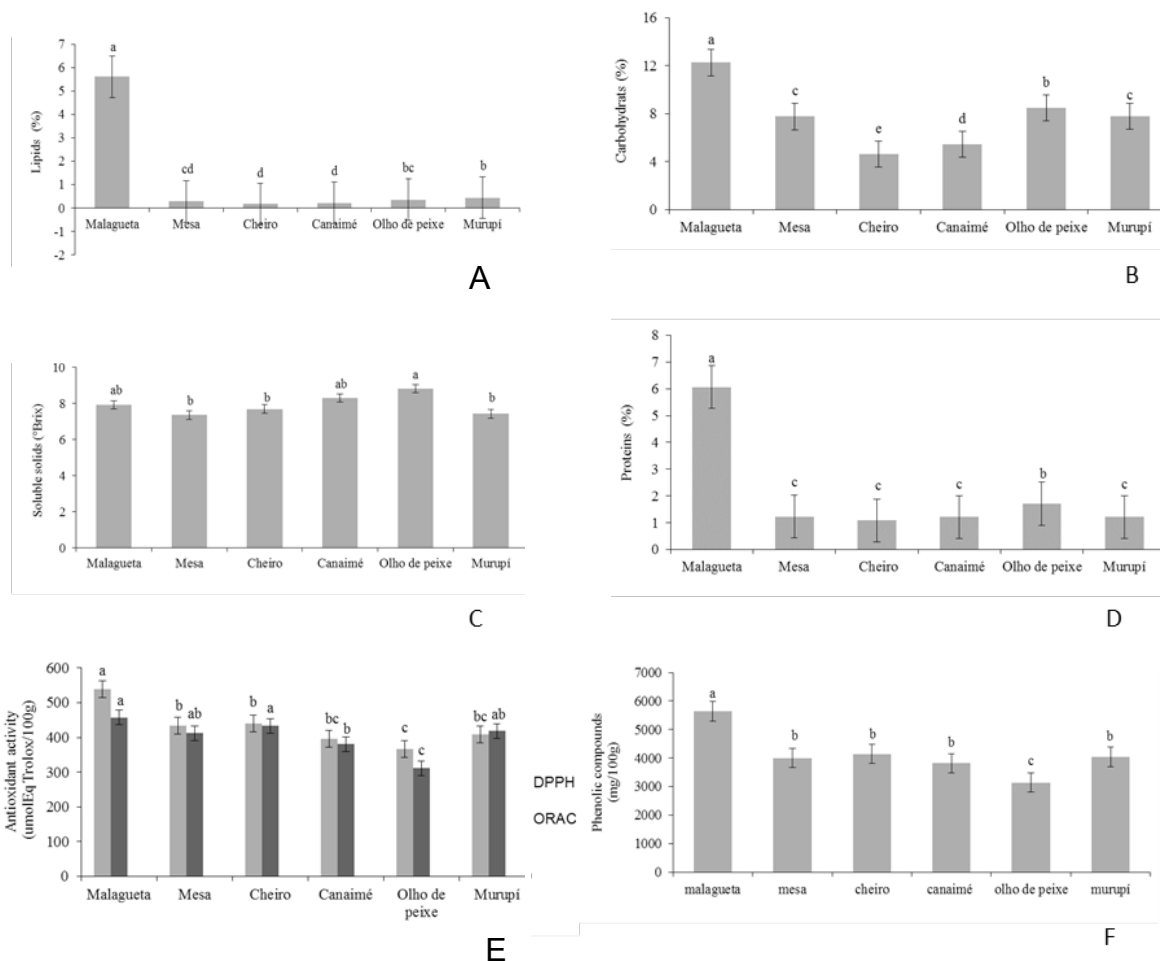
Means followed by same letters do not statistically differ by Tukey's test ( $p < 0.05$ ).

**Figura 4** - Fibras totais (A), fibras solúveis (B), açúcares totais (C), açúcares redutores (D), umidade (E) e cinzas (F) de seis cultivares de pimenta (*Capsicum* spp.).

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

In relation to the ash content (Figure 4F), 'Malagueta' showed the highest mean, much higher than the other cultivars evaluated, which did not differ statistically among themselves. The ash content represents the total amount of minerals present in food and is also considered as a general measure of quality and frequently used as a criterion in food identification (MESQUITA *et al.*, 2014).

Em relação ao teor de cinzas (Figura 4F), 'Malagueta' apresentou a maior média, superior às demais cultivares avaliadas, que não diferiram estatisticamente entre si. O teor de cinzas representa a quantidade total de minerais presentes nos alimentos e é considerado uma medida geral de qualidade e frequentemente utilizado como critério na identificação de alimentos (MESQUITA *et al.*, 2014).



**Figure 5** - Lipids (A), carbohydrates (B), soluble solids (C), proteins (D), antioxidant activity by DPPH and ORAC methods (E) and vitamin C (F) of six cultivars of pepper (*Capsicum* spp.).

Means followed by same letters do not statistically differ by Tukey's test ( $p < 0.05$ ).

**Figura 5** - Lipídios (A), carboidratos (B), sólidos solúveis (C), proteínas (D), atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ORAC (E) e vitamina C (F) de seis cultivares de pimenta (*Capsicum* spp.).

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

In the quantification of lipids (Figure 5A), 'Malagueta' pepper showed the highest mean among the other cultivars. The values found for carbohydrates were also significant (Figure 5B), mainly for the cultivar Malagueta, followed by the cultivar Olho de Peixe. Carbohydrates are predominant components in the fruits of *Capsicum*, with fructose being the main sugar, and together with glucose they make up 70% of the reducing sugars (REIFSCHNEIDER, 2000).

Na quantificação de lipídeos (Figura 5A), a pimenta 'Malagueta' apresentou a maior média entre as demais cultivares. Os valores encontrados para os carboidratos também foram significativos (Figura 5B), principalmente para a cultivar Malagueta, seguida da cultivar Olho de Peixe. Os carboidratos são componentes predominantes nos frutos do *Capsicum*, sendo a frutose o principal açúcar e, juntamente com a glicose, constituem 70% dos açúcares redutores (REIFSCHNEIDER, 2000).

The pepper cultivars that best stood out for soluble solids were Olho-de-Peixe followed by Canaimé, and the other varieties presented close values, but different among them. The content of soluble solids is of great importance in fruits, both for fresh consumption and for processing, since the identification of high contents of these constituents in the raw material implies less addition of sugars, less time evaporation of water, less energy expenditure and higher product yield, resulting in higher processing savings (FARIA *et al.*, 2013; CAMILO *et al.*, 2014).

In the composition of proteins (Figure 5C), ‘Malagueta’ pepper showed the highest mean. In the quantification of the total phenolic compounds (Figure 5D), the cultivar Malagueta showed the highest mean as well, differentiating from the others. By the analysis of DPPH (Figure 5E), it was verified that the cultivar Malagueta presented the highest mean, whereas by the ORAC method, the cultivars Malagueta, Muripí, Cheiro and Mesa were the ones that presented the highest means but no differing among themselves.

Among the many natural foods, such as fruits, cereals and legumes, those containing higher phenolic compounds have received more attention (BROINIZI *et al.*, 2007; CANUTO *et al.*, 2010). In this way, the antioxidant potential of fruits, vegetables, spices and other vegetables is increasingly attributed to phenolic compounds, since the regular consumption of plant foods rich in polyphenols has been associated with the reduction of the risk of non-chronic diseases such as atherosclerosis and cancer (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004; KUSKOSKI *et al.*, 2006).

According to Muller *et al.* (2011), the methods used to determine the antioxidant activity can produce very divergent results, due to the different sensitivities of each method, so that such antioxidant activity should be measured by more than one method. Costa *et al.* (2010), explain that the antioxidant potential of peppers is not only related to the concentration of total phenolic compounds, but also to the content of capsaicinoids contained in pepper, which have the ability to donate electrons to the DPPH radical and to stabilize them (HUANG *et al.*, 2005; PRIOR *et al.*, 2005).

In the quantification of vitamin C (Figure 5F), the cultivars Murupí, Malagueta and Cheiro presented the highest means. From studies with fruit pulps from the Amazon conducted by Canuto *et al.* (2010), it can be observed that the peppers of the genus *Capsicum* spp. showed vitamin C levels equal to or greater than many fruit pulps such as abiu, strawberry guava, cupuaçu, graviola and tamarind.

As cultivares de pimenta superiores em teor de sólidos solúveis foram Olho-de-Peixe seguida de Canaimé, as demais apresentaram valores próximos, mas diferentes entre si. O teor de sólidos solúveis é importante nas frutas, tanto para consumo in natura quanto para processamento, uma vez que a identificação de altos teores desses constituintes na matéria-prima implica menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto energético e maior rendimento do produto, resultando em maior economia para o processamento (FARIA *et al.*, 2013; CAMILO *et al.*, 2014).

A ‘Malagueta’ apresentou a maior média em proteínas (Figura 5C) e compostos fenólicos totais (Figura 5D), diferenciando-se das demais. Pela análise do DPPH (Figura 5E), verificou-se, também, que a cultivar Malagueta apresentou a maior média, enquanto pelo método ORAC, as cultivares Malagueta, Muripí, Cheiro e Mesa foram as que apresentaram as maiores médias, mas não diferindo entre si.

Dentre os diversos alimentos naturais, como frutas, cereais e leguminosas, aqueles que contêm compostos fenólicos mais elevados têm recebido mais atenção (BROINIZI *et al.*, 2007; CANUTO *et al.*, 2010). Dessa forma, o potencial antioxidante de frutas, vegetais, temperos e outros vegetais é cada vez mais atribuído aos compostos fenólicos, uma vez que o consumo regular de alimentos vegetais ricos em polifenóis tem sido associado à redução do risco de doenças não crônicas como a aterosclerose e câncer (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004; KUSKOSKI *et al.*, 2006).

De acordo com Muller *et al.* (2011), os métodos utilizados para determinar a atividade antioxidante podem produzir resultados muito divergentes, devido às diferentes sensibilidades de cada método, de forma que tal atividade antioxidante deve ser medida por mais de um método. Costa *et al.* (2010), explicam que o potencial antioxidante das pimentas não está relacionado apenas à concentração de compostos fenólicos totais, mas também ao teor de capsaicinóides contidos na pimenta, que têm a capacidade de doar elétrons ao radical DPPH e de estabilizá-los (HUANG *et al.*, 2005; PRIOR *et al.*, 2005).

Na quantificação da vitamina C (Figura 5F), as cultivares Murupí, Malagueta e Cheiro apresentaram as maiores médias. A partir de estudos com polpas de frutas da Amazônia conduzidos por Canuto *et al.* (2010), pode-se observar que as pimentas do gênero *Capsicum* spp. apresentaram teores de vitamina C iguais ou superiores a muitas polpas de frutas como abiu, goiaba, morango, cupuaçu, graviola e tamarindo.



Ascorbic acid is a water-soluble vitamin essential to human beings, therefore, vitamin C is essential for the various functions of the immune system, for the formation of collagen and for healing (KALT, 2005; LEE; KADER, 2000). In this sense, it is known that peppers have a high content of ascorbic acid (KUMAR; TATA, 2009).

## CONCLUSIONS

The peppers 'Mesa', 'Malagueta', 'Olho-de-Peixe' and 'Cheiro' present the best results regarding height, stem diameter, cup diameter, favorable to field cultivation;

The best pepper for consumption is 'Malagueta', since it presents higher indices of physical-chemical analyzes, higher levels of bioactive compounds and the highest antioxidant activity.

## ACKNOWLEDGEMENTS

To CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) and CAPES (Coordination of Improvement of Higher Level Personnel) for the scholarships and financial funds.

O ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel essencial ao ser humano, portanto, a vitamina C é essencial para as várias funções do sistema imunológico, para a formação de colágeno e para a cicatrização (KALT, 2005; LEE; KADER, 2000). Nesse sentido, sabe-se que as pimentas apresentam alto teor de ácido ascórbico (KUMAR; TATA, 2009).

## CONCLUSÕES

As pimentas 'Mesa', 'Malagueta', 'Olho-de-Peixe' e 'Cheiro' apresentam os melhores resultados quanto à altura, diâmetro do caule, diâmetro do copo, favoráveis ao cultivo no campo;

A melhor pimenta para consumo é a 'Malagueta', pois apresenta maiores índices de análises físico-químicas, maiores teores de compostos bioativos e maior atividade antioxidante.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelas bolsas e recursos financeiros.

## CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- AOAC – Association of Official Analytical Chemists, 2010. Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC, Washington.
- AZA-GONZÁLEZ, C.; NÚÑEZ-PALENIUS, H.G.; OCHOA-ALEJO, N. Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chili pepper (*Capsicum* spp.). **Plant Cell Reports**, v. 30, p. 695-706, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00299-010-0968-8>
- BARBOSA, R. I.; LUZ, F. J. F.; NASCIMENTO FILHO, H. R.; MADURO, C. B. *Capsicum* Peppers Cultivated in Roraima, Brazilian Amazonia. I. Domestic Species. **Acta Amazônica**, n. 32, p. 177-192, 2002.
- BENTO, C. S.; SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; PEREIRA, M.G. Qualitative and multicategorical descriptors in the estimation of phenotypic variability among chili pepper accessions. **Scientia Agraria**, v. 8, p. 149-156, 2007.
- BORGES-GOMEZ, L.; CÁRDENAS, L. C.; NOVELO, J. R.; FREGOSO, M. S.; OREGEL, V. R.; COUOH, E.V. Capsaicinoids in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) under various humidity and nutritional conditions. **Revista Terra Latinoamericana**. v. 28, p. 35-41, 2010.
- BRAGA, T. R.; PEREIRA, R. C. A.; SILVEIRA, M. R. S.; SILVA, L. R.; OLIVEIRA, M. M. T. Physical-chemistry characterization of chili peppers (*Capsicum frutescens* L.). **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 112, p. 6-10, 2013.
- BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTHA, E. R. S.; SILVA, A. M. O. NOVOA, A. J. V.; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Evaluation of the antioxidant activity of phenolic compounds naturally contained in by-products of the cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). **Food Science and Technology**, v. 27, p. 902-908, 2007. DOI:<https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000400035>
- BUSO, G. S. C.; LOURENCO, R. T.; BIANCHETTI, L. B.; LINS, T. C. L.; POZZOBON, M. T.; AMARAL, Z. P. S.; FERREIRA, M. E. 2001. Espécies silvestres do gênero *Capsicum* coletadas na Mata Atlântica Brasileira e sua relação genética com espécies cultivadas de pimenta: uma primeira abordagem genética utilizando marcadores moleculares. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 22p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 7).
- CAMILO, Y. M. V.; SOUZA, E. R. B.; VERA, R.; NAVES, R. V. Fruit characterization and progeny selection of cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.). **Científica**, v. 42, p. 1-10, 2014.
- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Physical and chemical characterization of fruit pulps from Amazonia and their correlation to free radical scavenger activity. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1196-1205, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000122>
- COSTA, L. M.; MOURA, N. F.; MARANGONI, C.; MENDES, C. E.; TEIXEIRA, A.O. Antioxidant activities of peppers of the genus *Capsicum*. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 51-59, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009005000004>
- DOMENICO, C. I.; COUTINHO, J. P.; GODOY, H. T.; MELO, A. M. T. Agronomic traits and pungency of chilli pepper. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 466-472, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000300018>
- FARIA, P. N. L.; LAIA, G. A.; CARDOSO, K. A.; FINGER, F. L.; CECON, P. R. Genetic variability of pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) samples from a germplasm bank: a case study. **Agrária**, v. 36, p. 17-22, 2013.
- FRANCIS, F. J. 1982. Analysis of Anthocyanins. In: Markakis, P. Anthocyanins as Food Colors. Ed. P. Markakis, Academic Press, New York, p. 181.
- HA, J.; SEO, H. Y.; SHIM, Y.S.; SEO, D.W.; SEOG, H.; ITO, M.; NAKAGAWA, H.; Determination of capsaicinoids in foods using ultra high-performance liquid chromatography. **Food Science and Technology**, v. 19, n. 4, p. 1005-1009, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0141-8>
- HENZ, G. P.; MORETTI, C. L. 2008. COLHEITA E PÓS-COLHEITA, IN: RIBEIRO, C. S. C; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Eds). **Pimentas Capsicum**. Embrapa Hortaliças, Brasília.
- HUANG, D.; OU, B.; HAMPSCHE-WOODILL, M.; FLANAGAN, J. A.; DEEMER, E. K. Development and validation of oxygen radical absorbance capacity assay for lipophilic antioxidants using randomly methylated  $\beta$ -cyclodextrin as the solubility enhancer. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 7, p. 1815-1821, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0113732>

- HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf030723c>
- INMET - Instituto Meteorológico. Dados históricos. <http://www.inmet.gov.br> (accessed 23 March, 2018).
- Instituto Adolfo Lutz (IAL). 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.1020p.
- IPGRI - International Plant Genetic Resources Institute, 1995. Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp). IPGRI, Roma.
- JONES, D. B. 1941. Factors for converting percentage of Nitrogen in foods and feeds into percentage of protein. US Department of Agriculture-circ. 183. Washington, DC.
- KALT, W. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 1, p. 11-19, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09053.x>
- KUMAR, O. A.; TATA, S. S. Ascorbic acid contents in chili peppers (*Capsicum* L.). **Notulae Scientia Biologicae**, v. 1, n. 1, p. 50-52, 2009. DOI: <https://doi.org/10.15835/nsb113445>
- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Wild fruits and pulps of frozen fruits: antioxidant activity, polyphenols and anthocyanins. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400037>
- LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2)
- LOPES, M. A. P.; GONÇALVES, L. D.; MORAIS, E. G.; RESENDE, C. P.; VAZ, G. H. B. Caracterização de acessos de pimenta cumari de distribuição natural para fins de melhoramento genético. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 4, p. 105-115, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v8n42016898>
- LUO, X. J.; PENG, J.; LI, Y. J. Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. **European Journal of Pharmacology**, v. 650, p. 1-7, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2010.09.074>
- LUTZ, D. L.; FREITAS, S. C. Valor nutricional, in: RIBEIRO, C.S.C; CARVALHO, S. I. C., HENZ, G. P., REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Ed). **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008, p. 31-38, 2008.
- MASI, L.; SIVIERO, P.; CASTALDO, D.; CAUTELA, D.; ESPOSITO, C.; LARATTA, B. Agronomic, chemical and genetic profiles of hot peppers (*Capsicum annuum* ssp.). **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 51, n. 8, p. 1053-1062, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600233>
- MESQUITA, F. R.; LIMA, M. O.; ARAÚJO, J. M.; RIBEIRO A. S.; CRAVEIRO, R. L. Proximate composition of fruits typical of valley do Juruá - Western amazon. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 2849-2857, 2014.
- MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influence of spices phenolic compounds on lipid peroxidation and lipid profile of rats tissues. **Revista Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 411-424, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000400002>
- MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S. C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, p. 16-29, 2006.
- MÜLLER, L.; FRÖHLICH, K.; BÖHM, V. Comparative antioxidant activities of carotenoids measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), ABTS bleaching assay (aTEAC), DPPH assay and peroxy radical scavenging assay. **Food Chemistry**, v. 129, n. 1, p.139-148, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.045>
- NEITZKE R. S.; BARBIERI, R. L.; HEIDEN, G.; CASTRO, C. M. Divergência genética entre variedades locais de *Capsicum baccatum* utilizando caracteres multicategóricos. **Magistra**, v. 20, n. 3, p. 249-255, 2008.
- NETO, J. J.; RÊGO, E. R.; NASCIMENTO, M. F.; SILVA, V. A. L. F.; ALMEIDA, J. X. N.; RÊGO, M. M. Variability in a base population of pepper (*Capsicum annuum* L.). **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 84-89, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000100011>
- NELSON, N. A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. p. 153, 375-380, 1944.

- OLIVEIRA, A. L. D.; BRUNINI, M. A.; SALANDINI, C. A. R.; BAZZO, F. R. Physico chemical characteristics of 'Sabara' jabuticaba provenientes of different regions of cultivation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 397-400, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000300009>
- OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R. L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 10, p. 4619-4629, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf010586o>
- PEREIRA, F. P. 2004. Production and quality of tomato seeds as a function of the maturation stage and of the fructification order in the plant. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PINTO, C. M. F.; BARBOSA, J. M.; MESQUITA, D. Z.; OLIVEIRA, F.; MAPELI, A. M.; SEGATTO, F. B.; BARBOS, J. G. Produção e qualidade de pimentas ornamentais comestíveis cultivadas em recipientes de diferentes volumes. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental** v. 16, n. 1, p. 113-122, 2010.
- PINTO, C. M. F.; SANTOS, I. C.; PINTO, F. A. Cultivo da Pimenta (*Capsicum* spp.), in: RÊGO, E. R.; FINGER, F. L.; RÊGO, M. M. **Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas** (*Capsicum* spp.). 1ª Ed. Imprensa, Recife. 2011.
- POZZOBON, M. T.; SCHIFINO-WITTMANN, M. T. E.; BIANCHETTI, L. B. Chromosome numbers in wild and semidomesticated Brazilian *Capsicum* L. (Solanaceae) species: do  $x=12$  and  $x=13$  represent two evolutionary lines? **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 151, n. 2, p. 259-269, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2006.00503.x>
- PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 10, p. 4290-4302, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- REIFSCHNEIDER, F. J. B. *Capsicum: pimentas e pimentões*. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
- REIS, D. R. D.; DANTAS, C. M. B.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SOARES, E. J. O. Biometric characteristics and physical-chemistry biquinho pepper variety. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 454-460, 2015.
- RIBEIRO, C. S. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. 2008. Genética e melhoramento. In: RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Pimentas *Capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 55-69.
- RUFINO, J. L. S.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, p. 7-15, 2006.
- SCAGLIUSI, F. B.; JÚNIOR, A. H. L. Underreporting of energy intake in dietary assessment methods. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 471-481, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732003000400010>
- SILVA, A. R.; RÊGO, E. R.; CECON, P. R. Sample size for morphological characterization of pepper fruits. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 125-129, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000100022>
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5ª edição Florianópolis: Editora UFRGS: 821p, 2004.
- SOUZA, W. R. N.; LOPES, A. C. A.; CARVALHO, R.; GOMES, R. L. F.; PERON, A. P. Karyotypic characterization of *Capsicum* sp. accessions. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 37, p. 147-153, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v37i2.19485>
- SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; KARASAWA, M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Genetic divergence between 'chili' and sweet pepper accessions using multivariate techniques. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 22-27, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000100005>
- SUDRÉ, C. P.; CRUZ, C. D., RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; AMARAL, J. A. T.; SILVA, D. J. H.; PEREIRA, T. N. S. Multicategory variables for determining the genetic divergence among sweet and chili peppers. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 88-93, 2006.
- WETTASINGHE, M; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 5, p. 1801-1812, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf9810416>