



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
GENÉTICA E MELHORAMENTO



LOURISMAR MARTINS ARAÚJO

**Identificação de genótipos com elevada concentração de compostos  
com ação antioxidante em frutos dos acessos de *Capsicum* spp. do  
BAG da UNEMAT**

CÁCERES  
MATO GROSSO - BRASIL  
NOVEMBRO – 2015

LOURISMAR MARTINS ARAÚJO

**Identificação de genótipos com elevada concentração de compostos com ação antioxidante em frutos dos acessos de *Capsicum* spp. do BAG da UNEMAT**

Dissertação apresentada à UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Leonarda Grillo Neves

Coorientador: Prof. Dr. Demétrio de Abreu Sousa

CÁCERES  
MATO GROSSO - BRASIL  
NOVEMBRO – 2015

Araújo, Lourismar Martins.

Identificação de genótipos com elevada concentração de compostos com ação antioxidante em frutos dos acessos de *Capsicum* spp. do BAG da UNEMAT./Lourismar Martins Araújo. – Cáceres/MT: UNEMAT, 2015.

65 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, 2015.

Orientadora: Leonarda Grillo Neves

Co-orientador: Demétrio de Abreu

1. Pimenta. 2. *Capsicum* spp. - atividade antioxidante. 3. Pimenta – pré-melhoramento. I. Título.

CDU: 633.842

Ficha catalográfica elaborada por Tereza Antônia Longo Job CRB1-1252

**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS COM ELEVADA CONCENTRAÇÃO  
DE COMPOSTOS COM AÇÃO ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DOS  
ACESSOS DE *Capsicum* spp. DO BAG DA UNEMAT**

LOURISMAR MARTINS ARAÚJO

Dissertação apresentada à  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO  
GROSSO, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Genética e  
Melhoramento, para obtenção do título de  
Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Leonarda Grillo Neves  
Coorientador: Prof. Dr. Demétrio de Abreu  
Sousa

Aprovada em 13 de novembro de 2015

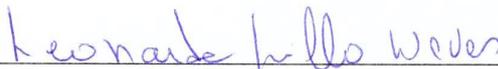
Comissão examinadora



Prof. Dr. Demétrio de Abreu Sousa-IFMT



Profa. Dra. Maurecilne Lemes da Silva Carvalho-UNEMAT



Profa. Dra. Leonarda Grillo Neves-UNEMAT  
(orientadora)

Aos meus pais, Lourival Martins Araújo e Diná Ferreira da Silva Araújo, à minha amada esposa Thalita Neves Marostega, e à minha querida irmã Daniely Martins da Silva Prado.

Dedico

## AGRADECIMENTO

A Deus por estar sempre ao meu lado, me concedendo saúde, me protegendo e me capacitando para que eu pudesse ir mais longe.

À Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela oportunidade de estar me qualificando.

À minha querida orientadora Profa. Dra. Leonarda Grillo Neves, minha gratidão e admiração, obrigado pela amizade e pela confiança depositadas em mim, apesar de todas as minhas deficiências.

Ao IFMT (Instituto Federal de Mato Grosso), por conceder a licença para que eu pudesse me dedicar a pós-graduação.

À FAPEMAT pela bolsa de estudos concedida durante o mestrado.

Ao prof. e amigo Dr. Demétrio de Abreu Sousa, sem sua valorosa contribuição, seria muito mais difícil, senão impossível a conclusão deste trabalho.

Aos professores Dra. Kelly Lana Araújo, Dr. Walmes Marques Zeviani e Dr. Milson Evaldo Serafim, quero agradecer pela disponibilidade de ajudar quando precisei.

Ao prof. Geraldo Aparecido Polegatti e à querida Lucimar Ferreira de Almeida, pela valiosa ajuda no processo de afastamento do IFMT.

Gostaria de agradecer aos bolsistas e voluntários (Jefferson Correa, Valdomiro Coelho, Josenir Silva, Jaqueline Claudino, Lucinéia Silva Daiani Oliveira, Eduarda Annunciato e Nathalia Zucarelli) por trabalharem comigo na execução do experimento, sem essa ajuda preciosa, seria muito mais difícil.

Aos meus pais Lourival Martins Araújo e Diná Ferreira da Silva Araújo por terem acreditado nos meus sonhos, e por permitirem que eu os vivesse da minha maneira, pelo apoio incondicional agradeço.

À minha amada esposa Thalita Neves Marostega, por compartilharmos os mesmos sonhos, pela companhia e colaboração imprescindível, e a seus queridos pais Vera e Gilmar, pelas orientações, conselhos, e a deliciosa comida que faz toda diferença.

## BIOGRAFIA

Lourismar Martins Araújo, nascido em Porto Alegre do Norte-MT, ao 1º dia do mês de fevereiro de 1990, filho de Lourival Martins Araújo e Diná Ferreira da Silva Araújo.

Concluiu o Ensino Médio integrado ao Curso Técnico em Agropecuária em 2007 na outrora Escola Agrotécnica Federal de Cáceres, atual IFMT (Instituto Federal de Mato Grosso).

Diplomou-se Engenheiro Agrônomo na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) em 2012.

Prestou concurso neste mesmo ano para professor de Agronomia no IFMT, *campus* Confresa, ficando classificado em 5º lugar.

Neste mesmo ano trabalhou com Secretário de Agricultura no município de Canabrava do Norte-MT.

Trabalhou como Assistente Técnico de Vendas na empresa Vital Force em 2013.

Ainda em 2013, tomou posse no IFMT *campus* Juína como professor em regime de dedicação exclusiva, atuando nas disciplinas de Agricultura I e Cadeias produtivas.

Ingressou no Programa de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas na UNEMAT, no ano de 2014, trabalhando com identificação de genótipos de *Capsicum* spp. quanto a compostos com ação antioxidante.

## SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO .....	1
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Gênero <i>Capsicum</i> .....	3
2.2- Importância econômica de pimentas do gênero <i>Capsicum</i> .....	5
2.3- Efeitos protetores dos antioxidantes .....	6
2.4- Pré-melhoramento e melhoramento de <i>Capsicum</i> spp. no Brasil.....	9
2.5- Análise multivariada.....	10
3- MATERIAL E MÉTODOS .....	13
3.1- Área de estudo .....	13
3.2- Banco de Germoplasma .....	13
3.3- Coleta e armazenamento.....	14
3.4- Análises laboratoriais.....	15
3.4.1- Acidez titulável.....	15
3.4.2- Ácido ascórbico (Vitamina C).....	15
3.4.3- Fenóis totais .....	16
3.4.4- Flavonóides e Antocianinas .....	17
3.4.5- Carotenoides e Clorofila a e b .....	18
3.4.6- Atividade Antioxidante Total .....	19
3.5- Análise estatística.....	21
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
4.1- Acidez titulável.....	28
4.2- Ácido ascórbico (Vitamina C).....	30
4.3- Fenóis Totais .....	32
4.4- Flavonóides .....	34
4.5- Antocianinas .....	36
4.6- Carotenoides .....	38
4.7- Clorofila a .....	40
4.8- Clorofila b .....	42
4.9- Atividade antioxidante.....	44
4.10- Análise de Componentes Principais (ACP).....	46

4.10.1- Correlação entre os vetores.....	48
4.11- Agrupamento dos genótipos de <i>Capsicum</i> spp, quanto aos compostos bioquímicos estudados. ....	50
5- CONCLUSÃO.....	54
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
7- ANEXO.....	65

## RESUMO

ARAÚJO, LOURISMAR MARTINS; M. Sc.; Universidade do Estado de Mato Grosso; novembro de 2015; Identificação de genótipos com elevada concentração de compostos com ação antioxidante em frutos dos acessos de *Capsicum* spp. do BAG da UNEMAT; Professora orientadora: Leonarda Grillo Neves.

O gênero *Capsicum* L. compreende um grupo altamente diversificado de pimentas e pimentões originado do continente Americano. É crescente o interesse pelas espécies desse gênero, que mostram grande versatilidade de usos, seja para o consumo *in natura* ou processada, além de seu uso farmacêutico, ornamental e industrial. Estudos têm apontado que as pimentas, além de micro e macronutrientes, possuem uma série de substâncias com propriedades antioxidantes, que podem ter impacto significativo na prevenção de doenças degenerativas. A caracterização de acessos desse gênero contribuirá para um melhor conhecimento do germoplasma disponível, na manutenção de coleções e, sobretudo, na indicação de genitores para programas de melhoramento visando a potencialização destes compostos. O trabalho objetivou identificar genótipos com significativa concentração de compostos com ação antioxidante em frutos dos acessos de *Capsicum* spp. do BAG da UNEMAT e avaliar a variabilidade genética dos acessos com base nestes compostos. Foram avaliados 78 acessos de *Capsicum* spp, quanto à concentração de compostos bioquímicos com ação antioxidante. Foi utilizado no campo o Delineamento Blocos Casualizado com três repetições. Frutos maduros dos 78 acessos foram colhidos, em seguida receberam banho de nitrogênio líquido e foram armazenados em ultra freezer a  $-80^{\circ}$  C. Foram avaliados acidez titulável, ácido ascórbico, fenóis totais, flavonóides, antocianinas, carotenoides, clorofila a, clorofila b e atividade antioxidante de todos os acessos. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de agrupamento Kcott Knott. Foi utilizada análise multivariada de componentes principais, para identificar os compostos que mais influenciaram a variabilidade genética dos acessos, podendo também estimar a correlação entre a concentração dos compostos. Utilizou-se distância generalizada de Mahalanobis, para estimar a dissimilaridade e método de agrupamento hierárquico UPGMA. Para acidez titulável os melhores acessos foram: UNEMAT, 121, 80 e 51. Para ácido ascórbico foram os acessos

UNEMAT 173; 30 e 02. Os maiores teores de fenóis totais foram encontrados nos acessos UNEMAT 51; 108 e 115, e para flavonóides foi encontrada no acesso UNEMAT 44. Os maiores teores de antocianinas foram encontrados nos acessos UNEMAT 51; 163; 103; 02; 115 e 114. As maiores concentrações de clorofila a foram encontrados nos acessos: UNEMAT 141; 49; 106; 163; 09; 17; 104; 121; 115; 117; 147 e 46, e para clorofila b nos acessos UNEMAT 141; 106 e 49. As maiores atividades antioxidantes foram verificadas nos acessos: UNEMAT 181; 44; 51; 173; 114 e 121. Os compostos bioquímicos que apresentaram maior contribuição para estimar a diversidade genética entre os acessos, através dos componentes principais foram: flavonóides, carotenóides, fenóis totais, clorofila a, clorofila b e atividade antioxidante. Com exceção de clorofila a com ácido ascórbico, todos os outros vetores apresentaram correlação entre eles, variando de moderada a fortemente correlacionada. O método aglomerativo UPGMA apresentou variabilidade genética no Banco ativo de Germoplasma da UNEMAT, com a formação de grupos de genótipos distantes geneticamente com base em compostos antioxidantes. Os acessos que se destacaram apresentando as maiores concentrações da maioria dos compostos foram: UNEMAT 108; 44; 113; 02; 105; 117; 141; 122; 140; 115; 181; 51; 118; 173 e 116, todos agrupados em um mesmo grupo, sendo que destes acessos seis são *Capsicum frutescens*, três são *Capsicum baccatum*, três ainda não foram identificados, dois são *Capsicum annuum* e um é *Capsicum chinense*.

**Palavras-chave:** Pimenta, atividade antioxidante, pré-melhoramento.

## ABSTRACT

ARAÚJO, LOURISMAR MARTINS; M. Sc.; Universidade do Estado de Mato Grosso; November 2015; Identification of genotypes with high concentration of antioxidant compounds in fruits of *Capsicum* spp. accessions from the BAG at UNEMAT; Advisor: Leonarda Grillo Neves.

The genus *Capsicum* L. comprises a highly diverse group of hot and sweet peppers originated in the Americas. There is a growing interest in the species of this genus, showing great versatility, either for fresh consumption or processed, in addition to its pharmaceutical, ornamental and industrial use. Studies have shown that the peppers, in addition to micro and macronutrients, have a number of substances with antioxidant properties, which can have significant impact on the prevention of degenerative diseases. The characterization of accessions of this genus contribute to a better knowledge of the available germplasm, maintenance of collections and, above all, the indication of parents to breeding programs for the strengthening of these compounds. The study aimed to identify genotypes with significant concentration of antioxidant compounds in fruits of *Capsicum* spp accessions from the BAG at UNEMAT, and evaluate the genetic variability of the accessions based on these compounds. The concentration of biochemical compounds with antioxidant action of 78 accessions of *Capsicum* spp was assessed. The Randomized blocks Design with three replications was used in the field. Mature fruits from the 78 accessions were harvested, cooled in a liquid nitrogen bath and stored in a freezer at -80 °C. The acidity, ascorbic acid, phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins, carotenoids, chlorophyll a, chlorophyll b and antioxidant activity of all accessions were evaluated. Data were subjected to analysis of variance and Scott-Knott grouping test. Multivariate component analysis was used to identify compounds that most influenced the genetic variability of the accessions and can also estimate the correlation between the concentrations of the compounds. The Generalized Distance of Mahalanobis was used to estimate the dissimilarity and the hierarchical clustering method UPGMA. To titratable acidity the best accessions were UNEMAT 121, 80 and 51; ascorbic acid were accessions UNEMAT 173, 30 and 02. The highest total phenolic content was found in the accessions

UNEMAT 51, 108 and 115, and flavonoids were found in the accession UNEMAT 44. The highest anthocyanin content was found in the accessions UNEMAT 51; 163; 103; 02; 115 and 114. The highest chlorophyll a concentrations were found in the accessions UNEMAT 141; 49; 106; 163; 09; 17; 104; 121; 115; 117; 147 and 46, and chlorophyll b in the accessions UNEMAT 141, 106 and 49. The greatest antioxidant activities were observed in the accessions UNEMAT 181; 44; 51; 173; 114 and 121. The biochemical compounds that had greater contribution to estimate the genetic diversity among accessions, by means of main components were: flavonoids, carotenoids, total phenols, chlorophyll a, chlorophyll b and antioxidant activity. With the exception of chlorophyll a with ascorbic acid, all other vectors showed correlation between them, ranging from moderate to strongly correlated. The agglomerative method UPGMA showed genetic variability in the Germplasm Active Bank at UNEMAT, forming groups with genetically distant genotypes, based on antioxidant compounds. The accessions that stood out showing a highest concentration of the majority of the compounds are: UNEMAT 108; 44; 113; 02; 105; 117; 141; 122; 140; 115; 181; 51; 118; 173 and 116, all grouped into the same group, and of these accessions, six are *Capsicum frutescens*, three are *Capsicum baccatum*, three have not been identified yet, two are *Capsicum annuum* and one is *Capsicum chinense*.

**Keywords:** Pepper, antioxidant activity, pre-breeding

## 1- INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum* L. abrange um grupo altamente diversificado de pimentas e pimentões com origem no continente Americano (Lannes et al., 2007). O gênero pertence à família das Solanaceae e possui cerca de 25 espécies, classificadas de acordo com o nível de domesticação em domesticadas, semidomesticadas e silvestres (Moscone et al., 2007). Dentre as espécies do gênero *Capsicum* cinco são domesticadas, e cultivadas pelo homem: *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*, sendo que destas apenas a *C. pubescens* não é cultivada no Brasil (Lopes et al., 2007; Monteiro, 2008; Carvalho e Bianchetti, 2015).

O Brasil é um importante centro de diversidade para o gênero, já que aqui se encontram representantes dos três níveis de domesticação (Carvalho et al., 2003). A existência de grande diversidade permite seu uso em programas de melhoramento genético (Ferrão et al., 2011). É crescente o interesse pelas espécies desse gênero, que mostram grande versatilidade de usos, seja para o consumo *in natura* ou processada como molhos e conservas, além de seu uso farmacêutico, ornamental e industrial (Wagner, 2003).

Tem sido realizados diversos estudos sobre variabilidade genética de caracteres morfoagronômicos, entre e dentro de agrupamentos de acessos de bancos de germoplasma e de cultivares comerciais de *Capsicum* (Inoue e Reifschneider, 1989; Sapucay et al., 2009; Büttow et al., 2010; Ferrão et al., 2011). Entretanto, trabalhos com acessos oriundos da região Sudoeste do Mato Grosso, uma região limítrofe do centro de origem do gênero, ainda estão sendo iniciados.

Estudos têm apontado que as pimentas além de micro e macronutrientes, possuem uma série de substâncias com propriedades antioxidantes, que podem ter impacto significativo na prevenção de doenças degenerativas, incluindo câncer, doenças cardiovasculares, cataratas e o funcionamento do sistema imune. Entre as substâncias destacam-se os compostos fenólicos, ácido ascórbico, carotenoides, vitaminas A, C e E, e tocoferóis, constituintes cujos níveis podem variar de acordo com a espécie, genótipo e grau de maturação das pimentas (Howard et al., 2000; Reifschneider, 2000; Marín et al., 2004; Davis et al., 2007; Keppel, 2007; Ogiso et al., 2008).

Segundo Sies (1993) a produção interrompida de radicais livres em células animais durante os processos metabólicos levou ao desenvolvimento de diversos mecanismos de defesa antioxidante endógenos, para limitar os níveis intracelulares e impedir a indução de danos. Muitos alimentos fazem parte de um importante mecanismo de defesa auxiliar exógeno, produzido através do metabolismo secundário das plantas, esses antioxidantes reduzem os efeitos dos radicais livres nas células. Por isso a importância de saber a capacidade antioxidante das pimentas para auxiliar nessa proteção contra os radicais livres.

Existem poucos estudos acerca do potencial farmacológico das substâncias antioxidantes encontradas em *Capsicum* spp., e pouco se sabe sobre os benefícios à saúde que essas substâncias podem oferecer, principalmente se tratando de espécies silvestres ou pouco domesticadas no Brasil. A caracterização de acessos desse gênero contribuirá para um melhor conhecimento do germoplasma disponível, na manutenção de coleções e, sobretudo, na indicação de genitores para programas de melhoramento visando a potencialização destes compostos, podendo ser utilizadas para fins industriais, farmacológicos e nutricionais.

A Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) possui um Banco Ativo de *Capsicum* spp., com diferentes genótipos do gênero *Capsicum*, os quais ainda não foram analisados quanto às suas características funcionais e capacidade antioxidante. Assim, este estudo objetivou identificar genótipos com elevada concentração de compostos com ação antioxidante em frutos dos acessos de *Capsicum* spp. do BAG da UNEMAT e avaliar a variabilidade genética dos acessos com base nestes compostos. E assim, elucidar os genótipos que irão compor o programa de melhoramento de *Capsicum* com potencial nutricional, que atendam a qualidade e a produtividade de forma relevante.

## 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Gênero *Capsicum*

Estima-se que as espécies de pimenta do gênero *Capsicum* (do grego Kapto, significa morder, picar), tenham origem no continente americano e pertençam à família Solanaceae, como também o tomate, a batata, e pimentão e o jiló (Castro et al., 2011).

Divisão: Spermatophyta

Filo: Angiospermae

Classe: Dicotyledonea

Ramo: Malvales-Tubiflorae

Ordem: Solanales (Personatae)

Família: Solanacea

Gênero: *Capsicum* (Wagner, 2003).

Uma das teorias a respeito do surgimento e da evolução das espécies do gênero *Capsicum* sugere que a maior parte do gênero se originou no sul da Bolívia e, então, difundiu para os Andes e terras baixas da Amazônia, onde surgiram novas espécies (Nuez Viñals et al., 1996).

É provável que tenham sido os espanhóis e os portugueses os primeiros a terem contato com a pimenta *Capsicum*, quando passou a ter uma maior movimentação das populações europeias entre as comunidades indígenas, possibilitando trocas entre eles, disseminando-a assim para vários lugares, onde adquiriu características e nomes próprios (Andrews, 1993; Rufino e Penteado, 2006). A teoria mais provável é que a dispersão do gênero *Capsicum* possa ter sido feita por pássaros migratórios que, ao migrarem de uma região para outra, espalhavam através das fezes as sementes em novas áreas (DeWitt e Bosland, 1997).

Uma das histórias que se conta é que Cristóvão Colombo, em uma das suas viagens históricas para a América, em 1493, fora o primeiro europeu a ter contato com a pimenta (*Capsicum*), identificando, nessa cultura, fonte alternativa para a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), condimento muito comercializado na Europa e de grande valor econômico. (Rufino e Penteado, 2006).

Os relatos mais antigos do consumo de pimentas do gênero *Capsicum* no mundo, datam de aproximadamente 9 mil anos, descobertos em pesquisas arqueológicas

realizadas em Tehuacán, México. Diversos outros sítios arqueológicos pré-históricos (2500 a.C.) também são conhecidos no Peru, nas localidades de Ancon e Huaca Prieta. As tribos indígenas brasileiras no período do descobrimento tinham a tradição de cultivar pimentas, havia naquele período uma imensa variabilidade de pimentas nativas disponíveis para que eles as cultivassem (Embrapa, 2007).

No Brasil existe uma grande diversidade genética de pimentas do gênero *Capsicum*, podendo ser considerado um centro de diversidade para o gênero, estas espécies estão espalhadas por todo o Brasil, e as principais áreas de cultivo estão localizadas nas regiões sudeste, centro-oeste e nordeste. O cultivo da maioria dessas pimentas é feito por pequenos, médios e grandes produtores individuais ou integrados a agroindústrias (Furtado et al., 2006)

Existe grande variabilidade genética entre as espécies do gênero *Capsicum*, observada principalmente nos frutos que podem apresentar diferentes formatos, colorações, tamanhos e pungência. Há frutos de pimenta de várias colorações, desde vermelha (a mais comum), até preta, mas também ocorrem as cores amarela, creme, alaranjada e roxa. As pimentas têm uso bastante diversificado. Algumas cultivares ou variedades são comumente consumidas na forma de saladas, cozidas ou recheadas, outras, mais empregadas como condimentos, em molhos ou em conservas. As pimenteiras também podem ser empregadas como plantas ornamentais, em função da folhagem variegada, do porte anão e dos frutos que mudam de cor durante o processo de maturação além da baixa pungência (Moreira et al., 2006).

As pimentas do gênero *Capsicum* são importantes fontes de nutrientes na dieta humana, e uma excelente fonte de vitaminas A e C, bem como de compostos fenólicos e carotenoides. As concentrações desses compostos podem variar em função do genótipo da maturação e são influenciados pelas condições de crescimento, perdas após processamento devido a alta temperatura ou luminosidade e modo de cultivo, onde plantas cultivadas no sistema de cultivo orgânico podem produzir uma maior concentração desses compostos (Guil-Guerrero, 2006).

As espécies de pimenta do gênero *Capsicum* estão divididas em três complexos gênicos diferentes, dependendo das características morfológicas, citogenética e cruzabilidade. O complexo *C. baccatum* agrupa as espécies *C. baccatum* e suas formas

botânicas, e *C. tovarii*; O complexo *C. annuum* reúne as espécies *C. annuum* e suas formas botânicas, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. chacoense* e *C. galapagoense*; o complexo *C. pubescens* reúne *C. pubescens*, *C. cardenasii* e *C. eximium* (Pickersgill, 1997; Tong e Bosland, 1999; Moscone et al., 2007; Ince et al., 2010).

## **2.2- Importância econômica de pimentas do gênero *Capsicum*.**

Segundo Mccarty, (2008), as pimentas são consideradas de grande importância econômica, social e cultural, seu consumo tem tido aumento expressivo de 18% dentre os anos de 2002 a 2006, relata ainda que a tendência é que o consumo continue aumentando nos próximos anos.

O mercado brasileiro de pimenta está sofrendo grandes mudanças, novas variedades de pimentas estão sendo cultivadas, bem como produtos com maior valor agregado, como pimentas em conserva, geleias de pimenta, compotas exóticas, chocolate com pimenta e outras formas processadas (Rêgo et al., 2012).

Segundo dados da FAO (2013) safra 2011, plantios de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum* ocuparam uma área de mais de 1,8 milhões de hectares em todo mundo, e uma produção estimada em mais de 28 milhões de toneladas em 2006, porém esses dados não separam as pimentas dos pimentões. Os países que mais produzem pimenta no mundo são China, Índia, Indonésia, México, Coréia, Nigéria, Gana e Turquia. (Akbar et al., 2010).

No Brasil, há uma crescente produção de pimenta nos últimos anos influenciada principalmente pela maior demanda nas agroindústrias, com aumento de produção em regiões de clima subtropical como no Sul, ou de clima tropical como no Norte e Nordeste. O cultivo de pimenta no país é de grande importância econômica, pois permite incremento de renda ao produtor, principalmente quando o produtor agrega valor ao produto (conservas, por exemplo), no estabelecimento de novas indústrias processadoras ou por sua importância social, ao empregar grande número de mão-de-obra permanente e principalmente temporária (Rufino e Penteado, 2006).

O mercado de *Capsicum* no Brasil movimenta mais de R\$ 100 milhões ao ano e sua produção vem crescendo. Em 2008, as exportações brasileiras atingiram 9,22

toneladas, com valor correspondente de \$ 23.478,00, posicionando-se como a segunda principal hortaliça exportada (Reifschneider e Ribeiro, 2008).

### **2.3- Metabolismo secundário e efeitos protetores dos antioxidantes**

Os metabólitos secundários apresentam grande diversidade de compostos orgânicos, não estão associados aos processos de fotossíntese e respiração e geralmente apresentam estrutura complexa, baixo peso molecular, possuem atividades biológicas marcantes e, diferentemente dos metabólitos primários, apresentam-se em baixas concentrações e em determinados grupos de plantas (Berg e Lubert, 2008). A origem de todos os metabólitos secundários pode ser resumida a partir do metabolismo da glicose, via dois intermediários principais: o ácido chiquímico e o acetato. Estes metabólitos secundários podem ser divididos em três grupos principais: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (Simões et al., 2007).

Segundo Gobbo-neto e Lopes (2007), a produção e concentração destes metabólitos secundários podem ser influenciadas por vários fatores: idade de desenvolvimento; sazonalidade; temperatura; disponibilidade hídrica; radiação ultravioleta; nutrientes; poluição atmosférica; altitude; danos mecânicos e ataques de patógenos, além de fatores genéticos e, quando cultivados, o tipo de cultivo, se orgânico ou convencional.

Hipoteticamente, todas as plantas podem sintetizar metabólitos secundários, porém, esses metabólitos são mais produzidos entre as plantas selvagens, que, durante a evolução, desenvolveram mecanismos de adaptação para competir com as outras, garantindo sua sobrevivência, seja pela formação de estandes puros, ou para se defender de seus inimigos naturais (herbívoros e patógenos). Alguns metabólitos secundários possuem ação antioxidante, corroborando com esse mecanismo de defesa, contra as ações deletérias dos radicais livres (Souza Filho e Alves, 2002).

O termo radical livre é oriundo de um átomo ou molécula altamente reativa, que contém número ímpar de elétrons em sua última camada eletrônica (Ferreira e Matsubara, 1997). Esse formato faz dos radicais livres moléculas altamente instáveis com meia-vida curta e quimicamente muito reativas, podendo causar danos ao reagir com praticamente qualquer molécula que entrar em contato. Os radicais livres podem ser

produzidos no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana plasmática, e sua ação ocorre principalmente nas proteínas, lipídios, carboidratos e DNA (Bianchi e Antunes, 1999).

Nos animais as espécies reativas de oxigênio e nitrogênio são produzidas em excesso quando o corpo é submetido a um esforço físico muito grande e quando associadas ao metabolismo energético acelerado, contribuem para danos aos tecidos e células. No entanto os radicais livres de oxigênio (RLO) podem por vezes ser benéficos como nas situações em que há necessidade de ativação do sistema imunológico e na produção do fator relaxante derivado do endotélio (Schneider e Oliveira, 2004).

Segundo Pereira (2012), os radicais livres também se encontram envolvidos na produção de energia, fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular e produção de substâncias biológicas cruciais para a vida. No entanto a produção excessiva pode ser muito nociva provocando a peroxidação dos lipídios de membranas e agressão às proteínas dos tecidos e das membranas, além de danos nas enzimas, carboidratos e DNA. Por ser responsável por essas ações, encontram-se relacionados com diversas doenças, tais como artrite, choque hemorrágico, doenças do coração, catarata, disfunções cognitivas, podendo provocar ou ser agente agravante de diversos tipos de câncer.

Os antioxidantes são compostos químicos responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células, são produzidos pelas plantas como metabólitos secundários, sendo que sua principal função é proteger as plantas. Segundo Sies e Stahl (1995), uma definição genérica de antioxidante é “Qualquer composto que, em baixas concentrações quando comparada a do substrato oxidável, retarda ou impede a oxidação deste substrato de forma eficaz”.

Os compostos antioxidantes podem neutralizar os radicais livres produzidos pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, impossibilitando danos sobre os lipídeos, os aminoácidos das proteínas, a dupla ligação dos ácidos graxos poli-insaturados e as bases do DNA, não permitindo danos e perda da integridade celular. Os antioxidantes exógenos obtidos através da alimentação, tais como as vitaminas C, E e A, flavonóides e carotenóides são especialmente importantes na neutralização dos radicais livres. Outro modo de proteção é o que é feito pelo próprio organismo, reparando as lesões

provocadas pelos radicais livres, neste processo ocorre a remoção de danos da molécula de DNA e a reconstrução das membranas celulares danificadas (Oliveira, 2011).

Existem dois tipos de antioxidantes atuando no homem, antioxidantes enzimáticos ou endógenos produzidos pelo próprio corpo como sistema de proteção, e os antioxidantes oriundos de fontes exógenas como nos alimentos, ricos nestes compostos e quando ingeridos e metabolizado auxilia no combate aos radicais livres. Os organismos eucariotos produzem suas próprias substâncias de defesa como as enzimas antioxidantes superóxido dismutase, catalase e glutathionperoxidase, que reagem com os compostos oxidantes e protegem as células e os tecidos do estresse oxidativo (Traber, 1997).

Segundo Pompella (1997), além dos efeitos protetores dos antioxidantes endógenos, a inclusão de antioxidantes na dieta alimentar é muito importante, pois o consumo de frutas e vegetais está relacionado com a diminuição do risco do desenvolvimento de doenças associadas ao acúmulo de radicais livres. Os principais antioxidantes encontrados nos alimentos em geral são os compostos fenólicos (principalmente os flavonóides, poliflavonóides e tanino), ácido ascórbico (vitamina-C), a-tocoferol (vitamina-E) e  $\beta$ -caroteno (pró-vitamina-A) (Barreiros e David, 2006).

Tem-se buscado novas fontes de antioxidantes naturais. E diversas pesquisas tem atribuído às pimentas do gênero *Capsicum* propriedades antioxidantes principalmente pelo conteúdo de carotenoides, vitaminas C e E, capsaicinóides e outros compostos fenólicos (Zhang e Hamauzu, 2003; Garcia-Martinez et al., 2006; Deppa et al., 2007).

O *Capsicum* pode ser um importante aliado no combate aos radicais livres, pois o consumo destas espécies pode ter impacto significativo na prevenção de doenças crônico-degenerativas, incluindo câncer, doenças cardiovasculares, cataratas e o funcionamento do sistema imune. (Howard et al., 2000, Marín et al., 2004, Davis et al., 2007, Ogiso et al., 2008).

É de extrema importância conhecer e quantificar a capacidade antioxidante dos alimentos antes de se avaliar seus efeitos biológicos nas células. Neste sentido têm sido desenvolvidas diversas metodologias para estimar a capacidade antioxidante não enzimática dos alimentos de origem vegetal e seus derivados e, deste modo, dispor de

uma ferramenta para poder recomendar o consumo de alimentos que apresentam uma alta atividade antioxidante (Araya et al., 2006).

#### **2.4- Pré-melhoramento e melhoramento de *Capsicum* spp.**

Pré-melhoramento pode ser definido como qualquer atividade destinada a identificar características desejáveis e/ou genes de interesse em materiais exóticos ou em domesticação, não adaptados ou adaptados, visando sua incorporação em materiais elites agronomicamente adaptados (Nass e Paterniani, 2000).

Segundo Ferrão (2011) é imprescindível que haja variabilidade genética na população em estudo, para que tenha sucesso no programa de melhoramento, de modo que, se não houver variabilidade genética não há ganho genético. Pickersgill (1997), ao pesquisar sobre a importância dos recursos genéticos no melhoramento de *Capsicum* spp., chegou à conclusão que a diversidade genética disponível dentro das espécies domesticadas tem sido pouco explorada e ainda não foi esgotada. Dessa maneira, os BAGs são de grande relevância, uma vez que colocam à disposição dos pesquisadores essa variabilidade disponível (Gonçalves et al., 2008), permitindo a seleção de genótipos superiores e possibilitando o aumento da frequência de alelos favoráveis. No entanto, as subamostras preservadas nesses BAGs são subutilizadas, devido a uma série de dificuldades e deficiências, tais como a falta de documentação e de descrição adequada, e ainda, a insuficiente avaliação dos materiais genéticos dessas coleções, o que dificulta a ação dos melhoristas (Gepts, 2006).

É importante que sejam desenvolvidas estratégias para a obtenção de informações sobre a diversidade, preservação e utilização eficiente do potencial dos recursos genéticos nos programas de melhoramento vegetal atuais e futuros, estabelecer prioridades de conservação e promover a multiplicação eficiente das coleções de germoplasma, além de promover a conservação e a preservação da diversidade, ações muito importantes para evitar a erosão genética (Ibiza et al., 2012).

Almeida et al. (2005) afirmam que é necessário que os acessos sejam caracterizados para que a diversidade genética disponível possa ser utilizada de maneira prática em programas de melhoramento. A identificação e caracterização de germoplasma consistem na obtenção sistemática e programada de dados embasados na

avaliação de características que descrevem e diferenciam os acessos. São utilizados aspectos morfológicos e fenológicos para esta caracterização (Junior et al., 2013), e também características bioquímicas.

Pickersgill (1997), ao estudar a relevância dos recursos genéticos no melhoramento de *Capsicum* spp., chegou à conclusão que a diversidade genética disponível dentro das espécies domesticadas tem sido pouco explorada e ainda não foi esgotada. Garcia (2002), em estudos com *Capsicum annuum* no México, relata que a enorme diversidade genética disponível tem facilitado o desenvolvimento de novas variedades e híbridos.

A partir de 1980 a Embrapa Hortaliças começou a conduzir um programa de melhoramento genético do gênero *Capsicum* visando o desenvolvimento de linhagens, cultivares e híbridos com resistência a diversas doenças e com alta produtividade e qualidade de fruto, visando atender as necessidades do mercado por novos materiais genéticos dos diferentes segmentos do agronegócio brasileiro. Foram desenvolvidas parcerias técnicas e financeiras com empresas processadoras de *Capsicum* com intuito de obter cultivares de pimentão para a produção de páprica e pimenta jalapeño e habanero para produção de pastas e molhos, variedades essas adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras (Carvalho et al., 2009).

Hoje existem cerca de 4252 cultivares de espécies vegetais registradas pelo RNC (registro nacional de cultivares), 2042 cultivares protegidas e quase 2.000 pedidos de proteção analisados ou em análise pelo SNPC (serviço nacional de proteção de cultivares). Para *Capsicum*, são 771 cultivares registradas, destas apenas três cultivares são protegidas, sendo duas cultivares de *C. annuum* (Jalapeño), a cultivar BRS Garça e BRS Sarakura, e uma cultivar da espécie *Capsicum chinense* (Habanero), a cultivar BRS Juriti, ambas sob a titularidade da Embrapa (Brasil, 2015).

## **2.5- Análise multivariada**

Segundo Cruz e Carneiro (2006), para estimar a diversidade genética, uma das formas mais utilizadas é por meio de técnicas multivariadas, uma ferramenta que possibilita combinar várias informações contidas na unidade experimental, caracterizando os genótipos com base em um conjunto de variáveis.

Podem ser utilizados diferentes procedimentos estatísticos, dentre eles estão os componentes principais que avalia a similaridade entre os acessos e a distância generalizada de Mahalanobis que é avaliada com base na dissimilaridade. Para escolher o método utilizado deve-se levar em conta a precisão desejada, a facilidade de análise e interpretação dos resultados e a forma de obtenção dos dados (Cruz e Carneiro, 2006).

Essas análises podem ser complementadas pelos métodos aglomerativos e hierárquicos de agrupamento, como o método de Tocher (Rao, 1952) e média das distâncias UPGMA (Unweighted pair-group method with arithmetic average) respectivamente.

Segundo Kendall (1950), a análise de componentes principais é uma técnica multivariada que estuda as relações de um conjunto de variáveis entre si. Esta ferramenta foi originalmente descrita por Karl Pearson, em seu trabalho, deu ênfase à sua utilização no ajustamento de um subespaço a uma nuvem de pontos.

A utilização da análise de componentes principais tem a função de proporcionar simplificação estrutural dos dados, de maneira que a diversidade, influenciada a princípio por um conjunto p-dimensional ( $p$  = números de caráter considerados no estudo), possa ser analisada por um complexo bi ou tridimensional utilizando, por exemplo, o plano cartesiano (Liberato, 1995). Ou segundo Cruz et al. (2004), a análise por componentes principais consiste em transformar um conjunto original de variáveis em outro conjunto, de dimensões equivalentes, mas com propriedades importantes de grande interesse em determinados estudos.

A principal importância de se conhecer a técnica dos componentes principais seria pelo fato de ela compor um método básico do qual derivam vários outros métodos de análise de dados multivariados, como exemplo a análise de agrupamento “cluster analysis” (Souza, 1989). De acordo com Cruz (1990), a utilização da técnica de componentes principais pode ser utilizada para os seguintes propósitos:

- 1) examinar as correlações entre caracteres estudados;
- 2) resumir um grande conjunto de caracteres em outro menor e de sentido biológico;
- 3) avaliar a importância de cada caráter e promover a eliminação daqueles que contribuem pouco, em termos de variação, no grupo de indivíduos avaliados;
- 4) construir índices que possibilitem o agrupamento de indivíduos; e

5) permitir o agrupamento de indivíduos com o mais alto grau de similaridade, mediante exames visuais em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional.

Cruz et al. (2004) afirmam que em estudos de divergência genética, destinados à seleção de progenitores para hibridação, tem sido comumente utilizadas a distância Euclidiana média ou a generalizada de Mahalanobis ( $D^2_{ii}$ ), sendo esta última a mais utilizada; no entanto, ela só é possível de ser estimada quando se dispõe da matriz de covariâncias residuais, estimadas a partir de ensaios experimentais com repetições.

A utilização da variabilidade genética em cruzamentos de grupos distantes geneticamente, com o objetivo de buscar cultivares superiores, segundo Maracahipes (2014), representa um instrumento essencial no alcance de ganhos de seleção, pode-se afirmar que a importância da diversidade genética para o melhoramento está no fato de prover parâmetros para a determinação de genótipos superiores, sendo que a escolha de genitores para compor uma população segregante é uma decisão essencial que o melhorista precisa tomar.

Quantificar a dissimilaridade ou similaridade genética entre os indivíduos é importante, pois os dados podem ser utilizados como um parâmetro para a escolha ou exclusão de genitores que possibilitem maior heterose na progênie e maior possibilidade de recuperação de recombinantes superiores nas gerações segregantes (Bertan et al., 2006).

A análise multivariada vem sendo empregada em vários trabalhos de *Capsicum*, com os objetivos de identificar fontes de variabilidade e diversidade genética. Bento et al. (2007) quantificaram a divergência fenotípica entre 29 acessos de *Capsicum* spp., com base em caracterização morfológica e agrônômica, utilizando 37 descritores, aplicando a técnica de componentes principais, análise de agrupamento e variáveis multicategóricas. Maracahipes, (2014) avaliou frutos maduros e imaturos de 88 genótipos de *Capsicum* spp. com base em nove componentes de resistência a antracnose, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e método hierárquico de agrupamento UPGMA.

### **3- MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1- Área de estudo**

O experimento foi realizado no município de Cáceres, localizado na região sudoeste de Mato Grosso, entre as latitudes 15° 27" e 17° 37" Sul e as longitudes 57° 00" e 58° 48" Oeste a uma altitude de 118 m, no período de abril a outubro de 2014. O município integra a mesorregião do Centro-Sul Matogrossense e a microrregião do Alto Pantanal, distando 215 km da capital, onde o clima é tropical quente e úmido, com inverno seco (Neves et al., 2011). O campo experimental de *Capsicum* do laboratório de Melhoramento de Plantas localiza-se na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, *Campus* de Cáceres.

#### **3.2- Banco de Germoplasma**

Sementes de 78 acessos de *Capsicum* spp. (ver anexo 1) do BAG (banco ativo de germoplasma) da UNEMAT foram semeadas em bandejas de 128 células, contendo substrato comercial Plantimax®. As plântulas foram acondicionadas em casa de vegetação com temperatura e umidade controladas e quando as plântulas apresentaram quatro folhas definitivas foi realizado o transplante para os “berços”.

Os acessos de *Capsicum* spp. foram dispostos em delineamento experimental DBC (Delineamento Blocos Casualizado), com três repetições e duas plantas por parcela, o espaçamento utilizado foi de 0,8 m entre plantas e 1,2 m entre linhas. O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão autocompensante.

O solo da área experimental é formado por Plintossolo. A análise de solos foi executada pelo Laboratório de Solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, *campus* Cáceres (IFMT). A correção de solo foi executada de acordo a análise de solo utilizando CaCO<sub>2</sub>.

Conforme recomendação técnica, a adubação para o pré-plantio foi composta de 5 g N/berço, 20 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/berço, 7 g de K<sub>2</sub>O/berço, 0,5 g ácido Bórico e 2 g de sulfato de Zn/berço. Os nutrientes foram misturados no “berço” e irrigados antes do plantio. Já a adubação pós-plantio foi dividida em pós-plantio 1, (2 g/berço de 20-05-20, aplicados nas duas primeiras semanas), pós-plantio 2 (a partir da 3<sup>o</sup> semana, 3g/berço de 20-05-20), e

início de frutificação (adubação semanal, com 4 g/berço 12-12-24, e 3 g/berço de nitrato de cálcio).

### 3.3- Coleta e armazenamento dos frutos

Pimentas dos 78 acessos de *Capsicum*, provenientes do BAG UNEMAT, foram coletadas em forma de “Buquê”, onde frutos de todas as plantas do mesmo acesso, independente do bloco, foram coletados e misturados. A colheita foi realizada no mês de outubro de 2014, quando os frutos estavam em estágio de maturação, apresentando pelo menos 70% na coloração final da casca. Foi coletado aproximadamente um quilo de fruto por acesso.

Para a retirada do calor e paralização das atividades metabólicas, os frutos dos acessos coletados, foram resfriados rapidamente em tempo de 2” em nitrogênio líquido (Figura 1).

Fonte: Lourismar Martins Araújo



**Figura 1-** Resfriamento dos frutos em nitrogênio líquido.

Após esta etapa, os frutos congelados foram acondicionados em sacos de polietileno com as devidas identificações, e armazenadas em ultra freezer a  $-80^{\circ}\text{C}$ , até o momento das análises.

### 3.4- Análises laboratoriais

As análises bioquímicas foram realizadas no laboratório de Melhoramento Genético Vegetal/Curso de Agronomia, da Universidade do Estado de Mato Grosso *campus* Cáceres (UNEMAT), entre os meses de novembro de 2014 e maio de 2015.

#### 3.4.1- Acidez titulável

Os frutos foram divididos em triplicatas, retirando-se as sementes e utilizando-se apenas a polpa. A acidez foi determinada por titulometria, conforme descrito por IAL (2008). Pesou-se de 5-10 g de polpa, que foram trituradas em dilacerador (Turatex TE-102), com aproximadamente 100 mL de água. Após filtragem foi adicionado 0,3 mL de solução de fenolftaleína. Titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 N sob agitação constante, até coloração rósea persistente por 15 segundos ou atingir pH 8,2, onde se considera que todo ácido predominante em *Capsicum* spp. foi titulado. O teor de acidez foi quantificado utilizando-se a equação 1 (Eq.):

Eq. 1

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{Vg \times N \times \text{Meq} \times 100}{P}$$

Onde:

Vg – Volume gasto na titulação;

N – Normalidade da solução de hidróxido de sódio;

Meq- Miliequivalência (quantidade de ácidos (g) que 1 ml de solução base pode reduzir);

P – Massa da amostra em gramas.

#### 3.4.2- Ácido ascórbico (Vitamina C)

O teor de vitamina C foi obtido a partir do preceito do ácido ascórbico (AA) pelo reagente de Tillmans, através da titulometria, por Oliveira et al. (2010). O que é fundamentado na redução do corante 2,6 diclorofenol-indofenol pelo ácido ascórbico.

Aproximadamente 0,5 g de amostra foram trituradas em 50 mL de ácido oxálico 1%. Em seguida a solução foi filtrada e o filtrado resultante foi usado para titular uma solução de 2 mL de indicador DCFI e 18 mL de água destilada. O ponto final da titulação foi definido no momento em que a solução titulada apresentou coloração idêntica à solução titulante (amostra diluída em ácido oxálico e filtrada), reservando-se um período de 15 segundos para a confirmação do ponto de viragem.

Para o cálculo da quantidade de AA presente na amostra, foi aplicada a Equação 2:

Eq. 2

$$C = \frac{P \times C \times 50}{V \times m} \times 100$$

Onde:

P é o volume (mL) gasto de solução padrão de AA;

C concentração de AA em (mg. mL<sup>-1</sup>) na padronização do DCFI;

V é o volume (mL) de extrato de amostra utilizado durante a titulação

m é a quantidade de amostra utilizada na extração.

Para a não degradação do ácido ascórbico, todos os procedimentos foram realizados sob baixa luminosidade.

#### 3.4.3- Fenóis totais

Os frutos foram descongelados e foram retiradas as sementes, para em seguida ser pesada cerca de 0,5 a 2 g de polpa, adicionados 3 ml de metanol e macerada com almofariz e pistilo, em seguida foi colocada em um tubo de ensaio com tampa e levada a agitação em agitador vortex® à velocidade máxima por 15 min, logo após, a solução foi colocada em eppendorf, e levada à centrifuga por 15 min a 14000 rpm, a 4°C, após foram preparadas, em tubos de ensaio, as soluções na seguinte ordem: 240 µL de extrato (centrifugado), 360 µL de Folin Ciocalteau:água 1:1, esperou-se 3 min e adicionou-se 2,4 mL de mix, composto por 2% de NaCo, e 0,4% de NaOH. Esperou-se 1 hora de reação e foi levada ao espectrofotômetro marca Biochrom libra UV/Vis S80, a leitura da absorbância foi realizada a 750 nm, utilizando cubetas de quartzo. A metodologia utilizada foi proposta por Swain e Hills (1959).

Utilizou-se como padrão o ácido gálico Sigma, nas concentrações de 4,8; 19,8; 36; 51; 99; 150; 201 e 300 µg.L<sup>-1</sup> para construção da curva de calibração (Figura 2). A partir da equação da reta obtida na curva do gráfico do padrão ácido gálico, realizou-se o cálculo do teor de fenólicos totais, expresso em mg EAG (Equivalente ao Ácido Gálico) / 100 g de polpa fresca.

A quantidade de fenólicos totais (FT) foi obtida através da equação 3:

Eq. 3

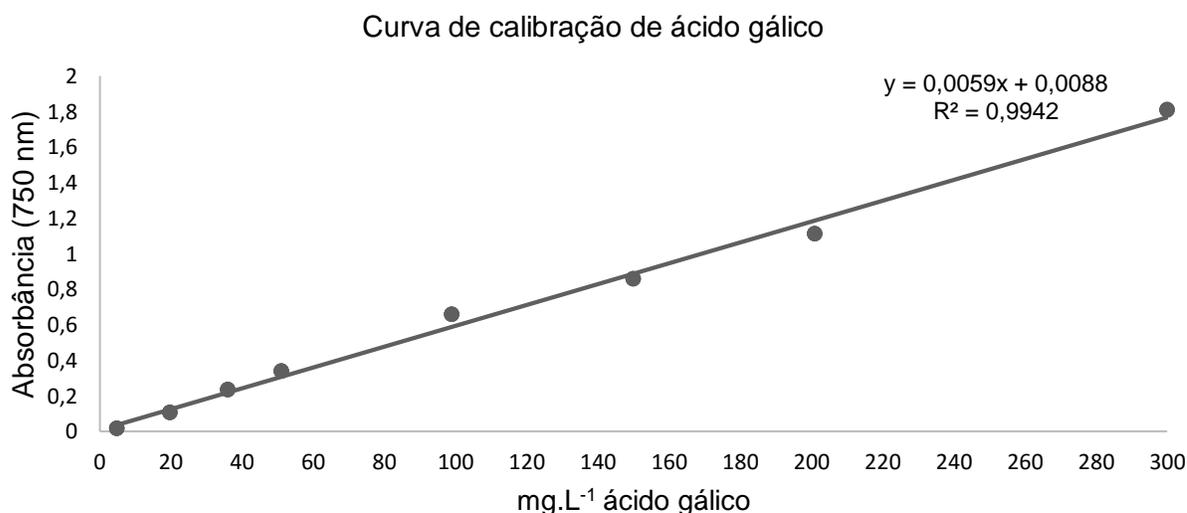
$$FT = \frac{\text{leitura (mg.L}^{-1}\text{)}}{10}$$

Peso da amostra (g)

Onde:

Leitura (750 nm) é a concentração de ácido gálico obtida na curva de calibração, referente à absorbância lida para a amostra.

O resultado foi expresso em mg EAG. 100 g polpa.



**Figura 2-** Curva de calibração de ácido gálico em mg.L<sup>-1</sup>

#### 3.4.4- Flavonóides e Antocianinas

As análises dos Flavonóides e das Antocianinas foram realizadas segundo Francis (1982). Pesou-se 0,5g da amostra em um becker envolto com papel alumínio, colocando em seguida 10mL da solução de etanol 95% + HCℓ 1,5N (85:15). Homogeneizou-se e logo após transferiu-se o conteúdo para um balão volumétrico de 25 mL onde foi aferido o volume com etanol 95% + HCℓ 1,5N (85:15). Depois, foi transferido para um frasco de vidro, envolto em papel de alumínio, e deixou-se em repouso overnight sob refrigeração. A solução foi filtrada para um béquer de 50 mL envolto em papel alumínio. Para

determinar a absorvância utilizou-se de um espectrofotômetro digital, marca Biochrom libra UV/Vis S80. As leituras foram realizadas nos comprimentos de onda de 374 e 535nm para flavonóis e antocianinas respectivamente. O “branco” foi composto apenas da solução de etanol 95% + HCl 1,5N (85:15) (v/v).

Equação para cálculo dos Flavonóis:

Eq. 4

$$DF = \frac{\text{Absorbância (374 nm)} \times FD}{76,5}$$

Equação para cálculo das Antocianinas:

Eq. 5

$$DA = \frac{\text{Absorbância (535 nm)} \times FD}{98,2}$$

Onde:

DF- (Determinação de Flavonóis);

DA- (Determinação de Antocianinas);

76,5 e 98,2- são fatores de correção para as formulas;

FD- é o fator de diluição, foi obtido utilizando a gramatura da amostra (0,5) dividida pelo volume de diluição (25mL). O resultado foi correlacionado para 1mL (quantidade de g que tem em 1mL da solução) e determinou-se a quantidade de mL em 100g.

#### 3.4.5- Carotenoides e Clorofila a e b

A determinação dos carotenoides totais e clorofila a e b foi realizada após extração com dimetilsulfóxido (DMSO). Alíquotas das amostras foram colocadas em tubos de ensaio contendo DMSO de forma que a proporção DMSO:polpa fosse de 3:1, em seguida foram deixadas em repouso durante 24 horas à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Após este tempo foram aquecidas em banho-maria a 70° C durante 2 horas. Após esfriar, a solução foi filtrada em papel de filtro, homogeneizadas e feita a leitura em espectrofotômetro a 480, 649 e 665 nm, para carotenoides, clorofila a e clorofila b, respectivamente.

As seguintes equações foram aplicadas para determinar o conteúdo dos pigmentos fotossintéticos, de acordo com o proposto por Wellburn (1994):

Equação para cálculo de clorofila a:

Eq. 6

$$[\text{Clorofila a}] (\mu\text{g. mL}^{-1}) = 12,19 \times \text{Absorbância (665 nm)} - 3,45 \times \text{Absorbância (649 nm)}$$

Equação para cálculo de clorofila b:

Eq. 7

$$[\text{Clorofila b}] (\mu\text{g mL}^{-1}) = 21,99 \times \text{Absorbância (649 nm)} - 5,32 \times \text{Absorbância (665 nm)}$$

Equação para cálculo de carotenoides:

Eq. 8

$$[\text{Carotenoides}] (\mu\text{g mL}^{-1}) = \frac{1000 \times \text{Abs. (480 nm)} - 2,14 \times \text{Clor. a} - 70,16 \times \text{Clor. b}}{220}$$

220

Onde:

Abs- absorvância;

Clor a- concentração de clorofila a, através da eq. 6;

Clor b- concentração de clorofila b, através da eq. 7;

### 3.4.6- Atividade Antioxidante Total

#### 3.4.6.1- Obtenção dos extratos:

A metodologia utilizada foi proposta por Rufino et al. (2007), onde aproximadamente 5 gramas de polpa dos frutos de *Capsicum* spp. foram pesados em um béquer de 100 mL. Em seguida foram adicionados 40 mL de metanol 50%, e deixado em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. O filtrado foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. A partir do resíduo da primeira extração foram adicionados 40 mL de acetona 70%, e deixado em repouso por mais 60 minutos em temperatura ambiente. A solução foi filtrada novamente e transferida para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante, e completado com água destilada até atingir 100 mL.

#### 3.4.6.2- Solução de 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) a 0,06 mM:

Foram dissolvidas 2,4 mg de DPPH (Sigma Aldrich) em álcool metílico e completado o volume para 100 mL em um balão volumétrico com álcool metílico, homogeneizado e transferido para um frasco de vidro âmbar, devidamente etiquetado, preparado e usado apenas no dia da análise.

#### 3.4.6.3- Curva de DPPH:

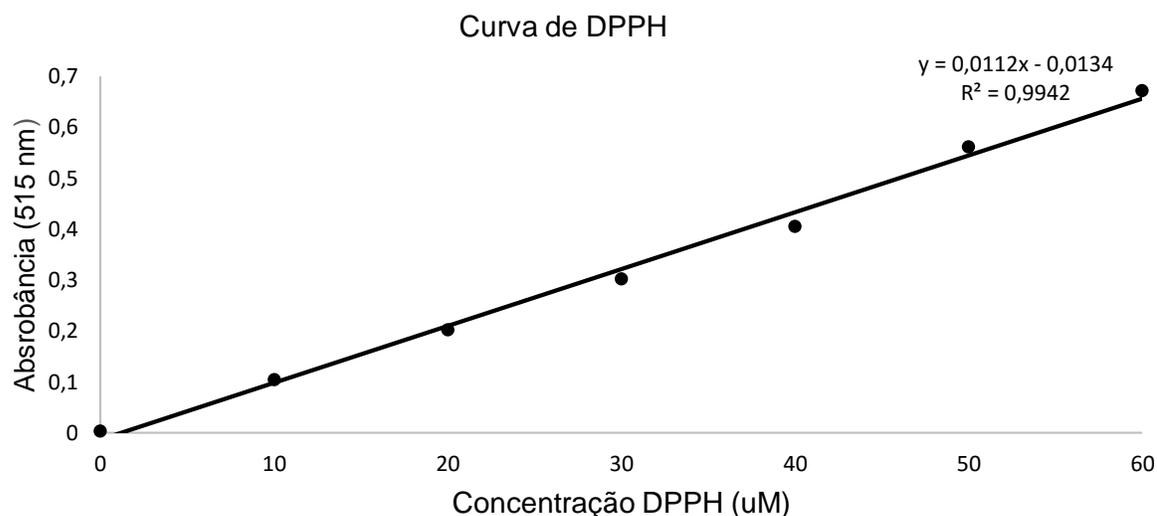
A partir da solução inicial de DPPH (60  $\mu\text{M}$ ), foram preparadas, em balões volumétricos de 10 mL, soluções variando a concentração de 10  $\mu\text{M}$  a 60  $\mu\text{M}$ , conforme tabela1.

**Tabela 1:** Preparo das soluções para curva de calibração do DPPH

Solução de DPPH (mL)	Álcool Metílico (mL)	Concentração final de DPPH ( $\mu\text{M}$ )
0	10	0
1,7	8,3	10
3,3	6,7	20
5,0	5,0	30
6,7	3,3	40
8,3	1,7	50
10	0	60

Fonte: Rufino et. al., 2007

Na ausência de luminosidade, transferiu-se uma alíquota de 4 mL de cada solução de DPPH (10  $\mu\text{M}$ , 20  $\mu\text{M}$ , 30  $\mu\text{M}$ , 40  $\mu\text{M}$ , 50  $\mu\text{M}$  e 60  $\mu\text{M}$ ) para cubetas de quartzo, a leitura em espectrofotômetro foi realizada no comprimento de onda de 515 nm. A curva de calibração está demonstrada na figura 3. Utilizou-se álcool metílico como branco, para calibrar o espectrofotômetro.



**Figura 3-** Curva padrão de DPPH x Absorbância

### 3.5- Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, em seguida realizados análise de variância (ANOVA) e teste de agrupamento Scott Knott. Os dados referentes à acidez titulável, ácido ascórbico, antocianinas, clorofila a, clorofila b, carotenoides e atividade antioxidante, foram transformadas em logaritmo natural de base e.

A caracterização dos genótipos foi feita utilizando-se a Análise de Componentes Principais (ACP), que é uma técnica multivariada exploratória. Foi processada com a matriz de correlação (R) das variáveis originais, obtendo-se dela os autovalores que construíram os autovetores. Estes são combinações lineares das variáveis originais e se denominam componentes principais. Os dados processados através da matriz de correlação puderam apresentar o grau de correlação entre os compostos bioquímicos estudados.

A divergência genética entre os acessos também foi avaliada por análise multivariada, empregando como medida de dissimilaridade a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2_{ii''}$ ), sendo adotado o critério de que a média das medidas da divergência genética dentro de cada grupo deve ser menor que as distâncias médias entre quaisquer grupos. Para facilitar a interpretação da medida de dissimilaridade entre os acessos, utilizou-se o método de agrupamento UPGMA (Unweighted Pair-Group Method With Arithmetic Average). Em ambas as análises foi utilizado o programa estatístico R versão

3. 2. 0 (2015-04-16). Para todas as análises foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três repetições.

#### **4- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Através da análise de variância, pode-se observar que houve diferença significativa entre as médias dos 78 acessos, a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), pelo teste F, para todas as variáveis bioquímicas estudadas. Os 78 acessos foram segregados em diversos grupos, dentro de cada variável, como mostra o teste de agrupamento Scott Knott (Tabela 2).

Sendo a classe A, sempre constituída dos acessos com os melhores resultados para cada variável avaliada, e os mais indicados para dar continuidade ao programa de melhoramento visando potencialização de compostos funcionais antioxidantes.

**Tabela 2:** Comparação de médias entre 78 genótipos de *Capsicum* spp. do BAG da UNEMAT, com base em nove características bioquímicas em frutos frescos de pimenteira. Médias agrupadas pelo teste Scott Knott a  $p < 0,01\%$ . Cáceres-MT, 2015.

Acessos	Compostos químicos avaliados <sup>1/</sup>								
	AT	AA	FT	F	Ant	Clor A	Clor B	Carot	At. Ant.
UNEMAT 1	0,24 E	126,45 B	110,03 H	89,19 H	24,07 B	0,13 B	0,33 C	3,12 D	8291,50 F
UNEMAT 2	0,25 E	168,65 A	182,46 B	86,45 H	28,31 A	0,11 B	0,29 C	3,37 D	9064,59 F
UNEMAT 8	0,24 E	56,79 D	86,09 K	39,08 N	7,22 F	0,18 B	0,27 C	1,05 F	6629,59 E
UNEMAT 9	0,32 C	69,54 D	99,97 I	57,87 K	20,84 C	0,27 A	0,61 B	2,89 D	4640,94 C
UNEMAT 10	0,33 C	114,12 C	138,39 E	80,17 I	10,22 E	0,10 B	0,30 C	2,40 D	5001,48 C
UNEMAT 15	0,25 E	83,04 C	128,56 F	69,00 J	11,59 D	0,09 C	0,22 D	3,41 D	7551,72 E
UNEMAT 17	0,41 B	79,88 D	124,97 F	75,30 I	10,35 E	0,26 A	0,61 B	2,74 D	4700,70 C
UNEMAT 27	0,32 C	120,62 C	102,76 I	17,13 P	1,78 L	0,10 B	0,27 C	0,74 F	6763,71 E
UNEMAT 29	0,28 D	99,58 C	89,84 J	15,68 P	2,23 K	0,09 B	0,24 C	0,69 F	8773,80 F
UNEMAT 30	0,23 F	173,29 A	135,48 E	21,44 P	5,96 G	0,11 B	0,29 C	0,93 F	3847,08 B
UNEMAT 38	0,22 F	125,86 B	87,85 K	41,96 M	2,26 K	0,11 B	0,25 C	1,30 E	8923,04 F
UNEMAT 44	0,34 C	102,91 C	167,37 C	192,30 A	17,89 C	0,16 B	0,45 C	15,13 A	3266,21 A
UNEMAT 46	0,29 D	62,04 D	84,25 K	21,46 P	2,86 J	0,19 A	0,45 B	1,27 E	13481,42 H
UNEMAT 47	0,25 E	68,85 D	99,49 I	52,93 K	7,29 F	0,07 C	0,16 D	3,13 D	7470,65 E
UNEMAT 49	0,33 C	78,39 D	105,50 H	65,95 J	9,41 E	0,38 A	0,86 A	3,96 C	10659,01 G
UNEMAT 51	0,49 A	142,29 B	198,67 A	135,18 C	31,90 A	0,16 B	0,42 C	4,91 C	3326,46 A
UNEMAT 57	0,30 D	55,77 E	135,22 E	35,85 N	7,03 F	0,11 B	0,31 C	2,15 D	5314,89 D
UNEMAT 58	0,22 F	117,26 C	82,24 K	26,54 O	4,98 H	0,11 B	0,25 D	0,89 F	13457,11 H

Continua...

Tabela 2. Conti...

Acessos	Compostos químicos avaliados <sup>1/</sup>								
	AT	AA	FT	F	Ant	Clor A	Clor B	Carot	At. Ant.
UNEMAT 60	0,32 C	56,73 D	89,30 J	20,30 P	3,14 J	0,06 C	0,19 D	0,83 F	9057,38 F
UNEMAT 62	0,25 E	67,77 D	105,77 H	19,53 P	3,18 J	0,05 C	0,18 D	0,79 F	8757,95 F
UNEMAT 63	0,16 H	84,86 C	95,61 J	16,06 P	3,63 I	0,02 D	0,06 E	0,88 F	5905,64 D
UNEMAT 65	0,25 E	50,97 E	65,00 M	42,12 M	6,41 G	0,13 B	0,29 C	0,89 F	10800,78 G
UNEMAT 66	0,39 B	57,28 D	117,46 G	55,23 K	12,02 D	0,15 B	0,32 C	1,62 E	5651,41 D
UNEMAT 68	0,27 D	103,05 C	135,19 E	48,66 L	10,90 E	0,17 B	0,39 C	1,79 E	6675,00 E
UNEMAT 71	0,37 B	60,43 D	98,26 I	36,74 N	2,46 K	0,17 B	0,50 B	1,43 E	9028,06 F
UNEMAT 80	0,54 A	46,53 E	124,57 F	54,24 K	12,28 D	0,07 C	0,17 D	1,26 E	4329,07 C
UNEMAT 81	0,27 E	101,97 C	106,65 H	63,69 J	19,97 C	0,13 B	0,35 C	4,50 C	9419,16 F
UNEMAT 84	0,16 H	47,86 E	83,66 K	27,48 O	6,09 G	0,10 B	0,19 D	0,91 F	8882,59 F
UNEMAT 85	0,15 H	124,21 B	80,85 K	30,46 O	7,67 G	0,06 C	0,21 D	0,94 F	4682,02 F
UNEMAT 88	0,31 D	72,10 D	85,33 K	52,67 K	14,31 D	0,09 C	0,22 D	1,68 E	5508,90 D
UNEMAT 93	0,32 C	129,01 B	127,20 F	81,48 I	24,52 B	0,17 B	0,40 C	4,93 C	4906,18 C
UNEMAT 97	0,15 H	144,71 B	106,04 H	30,02 O	7,49 F	0,13 B	0,31 C	1,37 E	8998,42 F
UNEMAT 98	0,23 F	65,38 D	123,33 F	25,58 O	2,78 J	0,14 B	0,33 C	0,68 F	6729,79 E
UNEMAT 101	0,24 E	88,85 C	124,25 F	46,13 L	2,98 J	0,10 B	0,28 C	1,87 E	6697,28 E
UNEMAT 103	0,25 E	32,74 F	83,59 K	82,38 I	28,85 A	0,03 D	0,11 E	4,15 C	9042,46 F
UNEMAT 104	0,24 E	110,36 C	94,27 J	26,81 O	4,86 H	0,28 A	0,56 B	0,76 F	5440,54 D

Continua...

Tabela 2. Conti...

Acessos	Compostos químicos avaliados <sup>1/</sup>								
	AT	AA	FT	F	Ant	Clor A	Clor B	Carot	At. Ant.
UNEMAT 105	0,26 E	71,56 D	163,81 C	69,47 J	17,27 C	0,15 B	0,40 C	3,31 D	7322,45 E
UNEMAT 106	0,43 B	77,44 D	133,94 E	87,71 H	9,17 E	0,67 A	1,64 A	3,25 D	7432,67 E
UNEMAT 108	0,35 C	70,53 D	197,90 A	97,68 G	3,09 J	0,07 C	0,17 D	1,25 E	6196,97 D
UNEMAT 110	0,35 C	65,73 D	144,29 D	68,27 J	5,17 H	0,11 B	0,27 C	1,71 E	10258,20 G
UNEMAT 112	0,39 B	55,54 D	106,15 H	78,37 I	14,25 D	0,12 B	0,33 C	4,77 C	7131,96 E
UNEMAT 113	0,33 C	89,11 C	149,95 D	168,03 B	9,20 E	0,14 B	0,32 C	1,35 E	6264,55 D
UNEMAT 114	0,39 B	91,04 C	110,69 H	98,55 G	26,52 A	0,14 B	0,32 C	2,49 D	3538,35 A
UNEMAT 115	0,36 C	66,90 D	193,63 A	164,63 B	28,20 A	0,22 A	0,51 B	3,93 C	5144,77 C
UNEMAT 116	0,28 D	151,24 B	167,31 C	117,39 E	11,71 D	0,05 C	0,14 E	1,73 E	4400,42 C
UNEMAT 117	0,30 D	65,65 D	150,23 D	88,19 H	20,55 C	0,22 A	0,49 B	1,58 E	7491,16 E
UNEMAT 118	0,31 C	60,43 D	185,83 B	127,91 D	13,44 D	0,11 B	0,34 C	10,25 B	5396,83 D
UNEMAT 119	0,31 D	89,59 C	29,28 P	80,10 I	12,61 D	0,10 B	0,25 C	2,32 D	5077,91 C
UNEMAT 121	0,55 A	107,65 C	163,62 C	96,22 G	10,30 E	0,23 A	0,47 B	4,90 C	4370,93 C
UNEMAT 122	0,27 E	76,40 D	165,34 C	83,97 H	11,64 D	0,14 B	0,36 C	3,69 C	3579,64 A
UNEMAT 125	0,24 E	44,20 E	101,67 I	25,64 O	4,27 H	0,10 B	0,23 D	0,94 F	8094,92 F
UNEMAT 133	0,25 E	105,39 C	60,45 N	40,25 M	7,06 F	0,07 C	0,15 D	1,49 E	11804,57 G
UNEMAT 134	0,27 E	50,17 E	74,95 L	125,47 D	11,85 D	0,16 B	0,41 C	2,77 D	8240,24 F
UNEMAT 135	0,21 F	51,72 E	79,35 K	69,23 J	9,42 E	0,08 C	0,16 D	1,87 E	12460,47 H

Continua

Tabela 2. Conti...

Acessos	Compostos químicos avaliados <sup>1/</sup>								
	AT	AA	FT	F	Ant	Clor A	Clor B	Carot	At. Ant.
UNEMAT 138	0,18 G	42,69 E	58,94 N	51,18 L	5,52 H	0,04 D	0,11 E	0,70 F	8940,95 F
UNEMAT 140	0,42 B	112,66 C	186,15 B	90,35 H	16,17 C	0,17 B	0,36 C	4,76 C	4127,39 B
UNEMAT 141	0,33 C	75,02 D	152,07 D	113,15 F	18,43 C	0,50 A	0,88 A	15,55 A	6116,63 D
UNEMAT 142	0,26 E	47,92 E	57,38 N	30,38 O	4,60 H	0,11 B	0,30 C	1,32 E	4683,20 C
UNEMAT 143	0,29 D	71,21 D	107,84 H	43,44 M	6,40 G	0,03 D	0,14 E	1,53 D	6688,72 E
UNEMAT 145	0,26 E	83,15 D	35,94 P	30,72 O	4,84 H	0,05 D	0,14 E	1,03 F	6781,83 E
UNEMAT 146	0,16 H	58,58 D	59,58 N	20,41 P	4,78 H	0,06 C	0,17 D	1,43 E	7451,98 E
UNEMAT 147	0,20 F	67,64 D	82,20 K	77,66 I	23,40 B	0,20 A	0,22 D	2,90 D	8015,04 F
UNEMAT 151	0,15 H	70,12 D	97,43 I	74,23 I	9,49 E	0,10 B	0,24 D	3,25 D	8507,78 F
UNEMAT 152	0,32 C	62,26 D	85,97 K	38,55 N	9,47 E	0,11 B	0,27 C	1,74 E	8769,77 F
UNEMAT 163	0,26 E	75,50 D	116,56 G	135,42 C	28,98 A	0,29 A	0,33 C	3,26 D	8276,11 F
UNEMAT 164	0,19 G	141,22 B	99,51 I	42,76 M	10,73 E	0,04 D	0,11 E	1,04 F	6639,28 E
UNEMAT 167	0,16 H	108,91 C	91,62 J	35,76 N	7,43 F	0,05 C	0,11 E	1,28 E	4962,00 C
UNEMAT 169	0,23 F	49,59 E	63,32 N	64,11 J	10,88 E	0,05 C	0,09 E	1,68 E	8378,38 F
UNEMAT 170	0,25 E	59,43 D	94,74 J	65,58 J	12,34 D	0,07 C	0,19 D	4,54 C	8665,85 F
UNEMAT 171	0,36 C	45,70 E	67,97 M	28,40 O	3,88 I	0,06 C	0,14 E	0,72 F	8236,79 F
UNEMAT 172	0,18 G	48,30 E	50,58 O	48,13 L	5,97 G	0,13 B	0,16 D	1,92 E	13309,71 H
UNEMAT 173	0,41 B	202,07 A	165,24 C	133,93 C	7,77 F	0,11 B	0,29 C	4,43 C	3482,90 A

Continua...

Tabela 2. Conti...

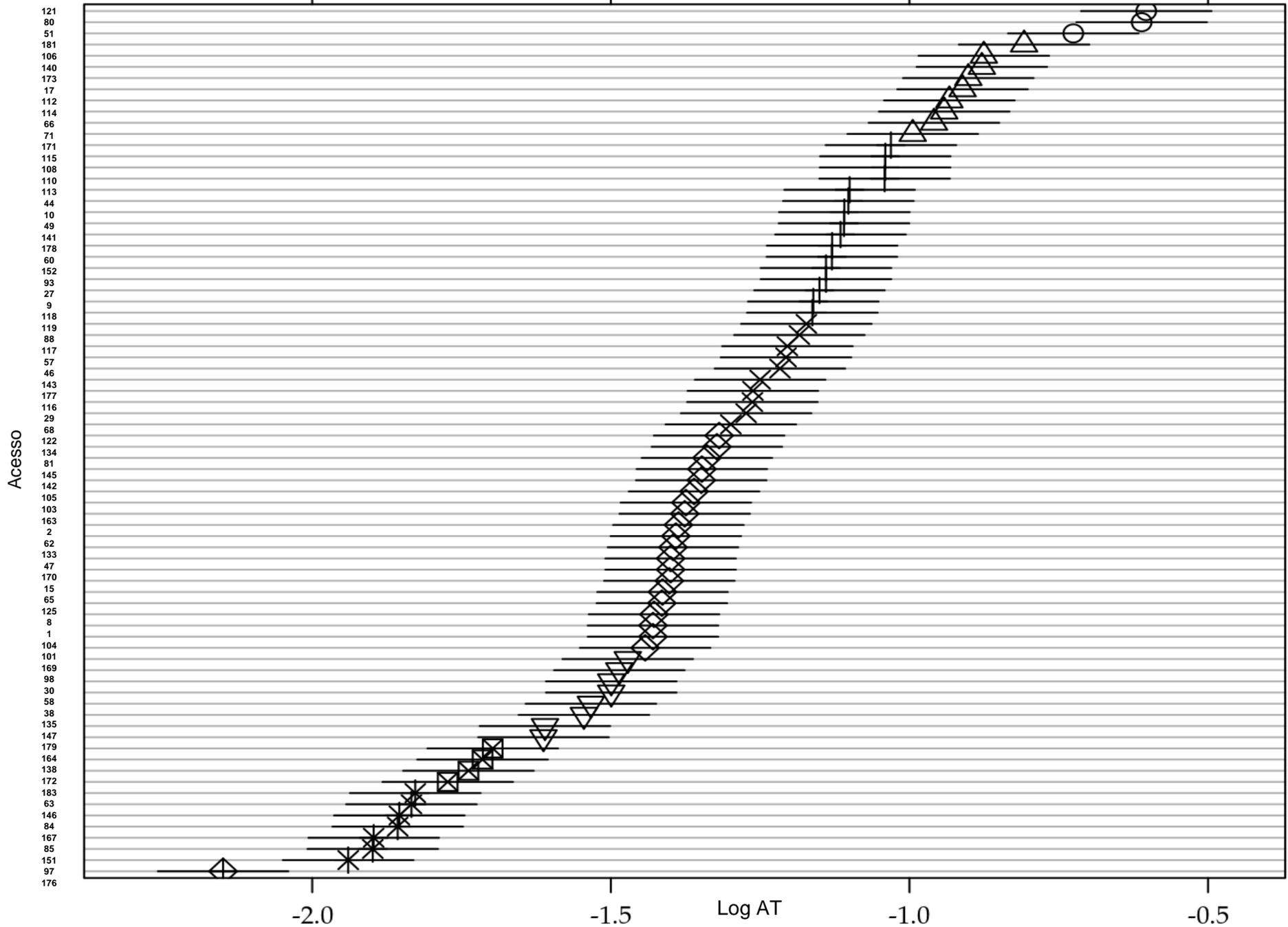
Acessos	Compostos químicos avaliados <sup>1/</sup>								
	AT	AA	FT	F	Ant	Clor A	Clor B	Carot	At. Ant.
UNEMAT 176	0,12 I	108,47 C	92,17 J	96,01 G	17,80 C	0,07 C	0,20 D	2,76 D	5765,57 D
UNEMAT 177	0,28 D	106,08 C	98,37 I	87,99 H	7,13 F	0,13 B	0,20 D	0,83 F	5435,72 D
UNEMAT 178	0,33 C	37,12 F	129,50 F	35,32 N	7,28 F	0,13 B	0,34 C	3,95 C	5205,73 D
UNEMAT 179	0,20 F	35,73 F	62,18 N	34,99 N	7,94 F	0,04 D	0,11 E	0,60 F	13296,76 H
UNEMAT 181	0,45 B	120,29 C	188,00 B	133,92 C	23,82 B	0,17 B	0,38 C	5,34 C	2990,59 A
UNEMAT 183	0,17 G	109,23 C	64,25 N	57,48 K	7,12 F	0,05 C	0,15 D	1,01 F	7488,71 E

<sup>1/</sup>AT= Acidez Titulável (%); AA= Ácido Ascórbico (mg.100 g<sup>-1</sup>); FT= Fenóis Totais (mg EAG (Equivalente Ácido Gálico). 100 g<sup>-1</sup>); F= Flavonóis (mg.100 g<sup>-1</sup>); Ant= Antocianinas (mg.100 g<sup>-1</sup>); Clor A= Clorofila A (mg.100 g<sup>-1</sup>); Clor B= Clorofila B (mg.100 g<sup>-1</sup>); Carot= Carotenoides (mg.100 g<sup>-1</sup>); At. Ant.= Atividade Antioxidante (g fruta. g DPPH<sup>-1</sup>); Médias seguidas das mesmas letras na coluna, constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 1%, pelo teste de Scott-Knott.

#### 4.1- Acidez titulável

Na determinação da acidez titulável, nove grupos entre os 78 acessos de *Capsicum* spp. foram formados pelo teste Scott Knott (Figura 4). O primeiro grupo (A) foi formado pelos acessos UNEMAT 121 (*C. chinense*), UNEMAT 80 (*Capsicum* sp.) e UNEMAT 51 (*C. frutescens*). As médias obtidas foram de 0,55; 0,54 e 0,49%, respectivamente. O grupo cinco (E) foi o que apresentou o maior agrupamento de acessos, com um total de 20 acessos. O acesso com menor acidez titulável foi o UNEMAT 176 (*C. Annuum* var. *glabriusculum*), que ficou isolado no último grupo, com média de 0,12% de ácidos tituláveis (Tabela 2).

Os valores de acidez titulável nos 78 acessos avaliados variaram de 0,15 a 0,55%. Braga et al. (2013), ao avaliarem 12 genótipos de *Capsicum frutescens* também encontraram valores de acidez titulável com máximas próximas às encontradas neste trabalho, variando de 0,33 a 0,50%. O ácido cítrico predominante em *Capsicum* é um antioxidante usado com frequência em alimentos, cumprindo a função de conservante alimentar, prolongando a vida útil do produto ou alimento. Segundo Oliveira et al. (1999), a acidez é um importante parâmetro ao analisar o estado de conservação de um produto alimentício, podendo indicar processos de decomposição do alimento, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação.



**Figura 04-** Análise de Scott Knott para 78 acessos de *Capsicum* spp. quanto à concentração de Acidez Titulável (AT) nos frutos. Dados transformados em logaritmo natural (log). UNEMAT, Cáceres-MT.

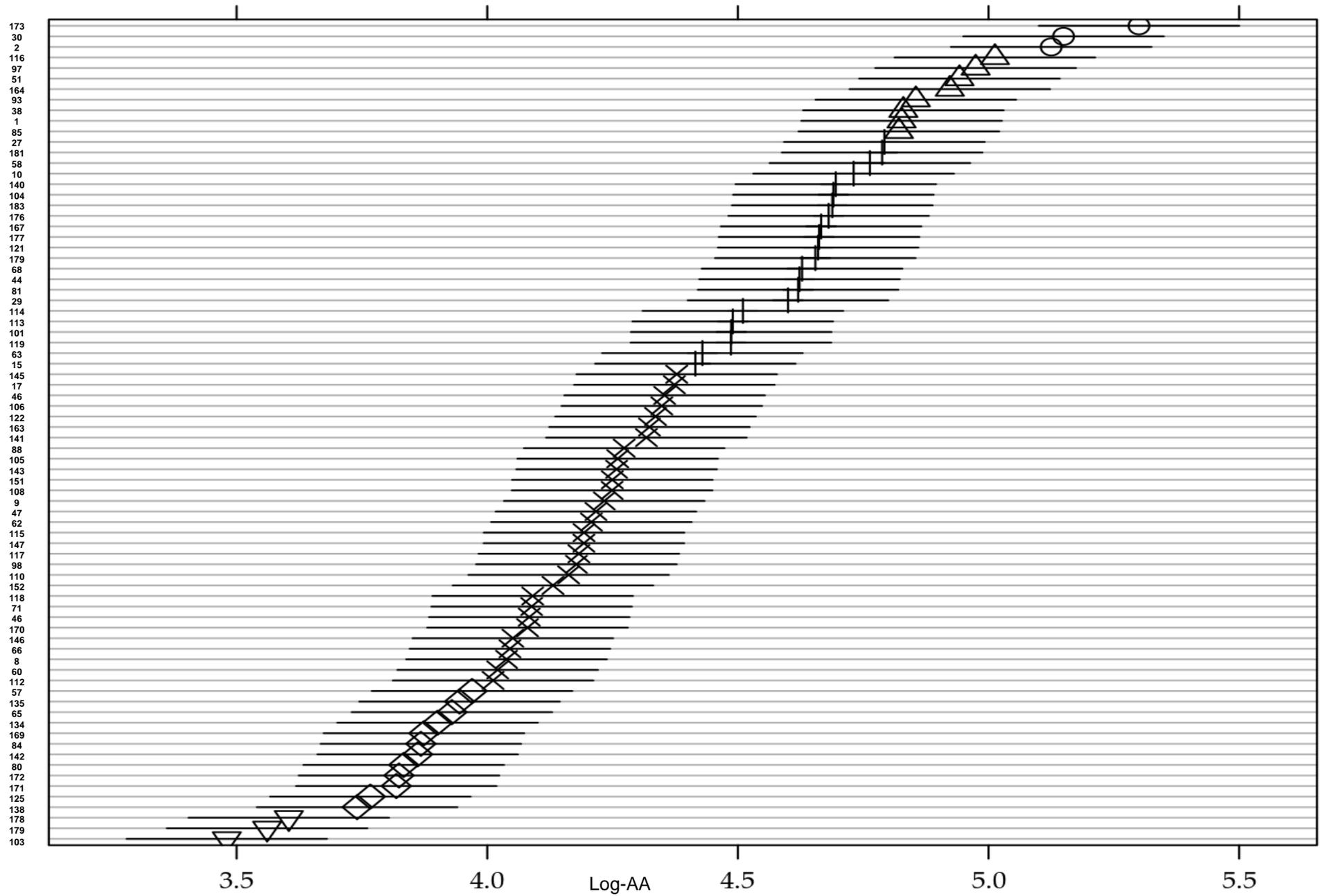
#### 4.2- Ácido ascórbico (Vitamina C)

O agrupamento obtido das médias para o ácido ascórbico propiciou a formação de seis grupos (Figura 05). O grupo (A) que apresentou as maiores médias foi formado pelos acessos UNEMAT 173 (*Capsicum* sp.), UNEMAT 30 (*Capsicum* sp.) e UNEMAT 02 (*Capsicum* sp.), com as respectivas médias: 202,07; 173,29 e 168,65 mg.100g<sup>-1</sup>. Estes acessos apresentam-se como promissores para programas de melhoramento genético visando genótipos com alto teor de vitamina C.

A maioria dos acessos foi agrupada no grupo D, com um total de 29 acessos. Os acessos UNEMAT 103 (*C. annuum*), UNEMAT 178 (*C. frutescens*) e UNEMAT 179 (*C. baccatum* var. *pendulum*), foram os que apresentaram menor teor de ácido ascórbico 32,74; 37,12 e 35,73 mg.g<sup>-1</sup>, respectivamente. A concentração de ácido ascórbico nos 78 acessos de *Capsicum* avaliados variou de 32,74 a 202,07 mg.100 g<sup>-1</sup>, demonstrando grande amplitude, e provavelmente grande variabilidade entre os acessos, para esta característica. O teor de ácido ascórbico, quando comparado com a literatura, está dentro do intervalo teórico encontrado em outros estudos. Howard et al. (1994) ao quantificarem ácido ascórbico em *Capsicum* obtiveram teores entre 75–277 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa fresca. Já Castro et al. (2008) encontraram teores com máxima de 107,4 mg de ácido ascórbico:100 g<sup>-1</sup> de amostra. Pinto et al. (2013), ao pesquisarem na literatura concentrações de vitamina C em *Capsicum* spp., encontraram dados variando de 52 mg.100 g<sup>-1</sup> para Dedo-de-moça e Jalapeño, até 134 mg.100 g<sup>-1</sup> para pimenta Murupi.

Verificou-se que os teores de ácido ascórbico das pimentas *in natura* estudadas variaram, de acordo com o acesso avaliado. Essa variação pode ser devido às variações nos cultivares, de caráter genético, maturidade dos frutos, fertilização e condições ambientais (Simmone et al., 1997).

Segundo Pinto et al. (2013) o ácido ascórbico é amplamente utilizado nas indústrias como agente antioxidante para estabilizar cor, sabor e aroma em alimentos. Além do uso como conservante é utilizado também para enriquecimento de alimentos ou restauração, a níveis normais, do valor nutricional perdido durante o processamento. Esta vitamina está presente em altas concentrações em vários tipos de pimenta



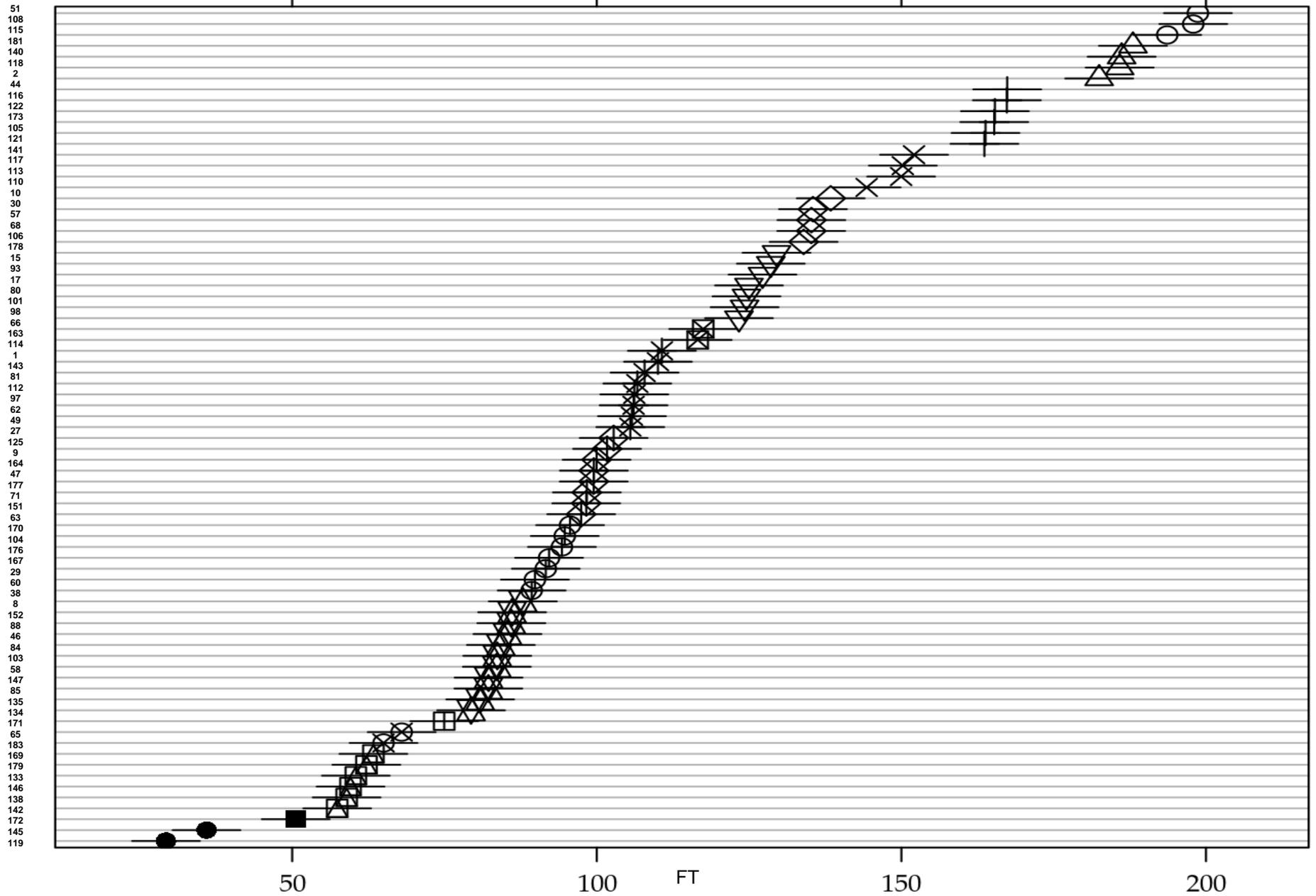
**Figura 05-** Análise de Scott Knott para 78 acessos de *Capsicum* spp. quanto à concentração de Ácido ascórbico (AA) nos frutos. Dados transformados em logaritmo natural (log). UNEMAT, Cáceres-MT.

### 4.3- Fenóis Totais

Os resultados obtidos das análises bioquímicas para fenóis totais possibilitaram a identificação de acessos com altos índices como os acessos UNEMAT 51 (*C. frutescens*), UNEMAT 108 (*C. frutescens*) e UNEMAT 115 (*C. frutescens*) (grupo A). Suas respectivas médias foram: 198,66; 197,9 e 193,63 mg Equivalente Ácido Gálico (EAG) por 100 g de fruto fresco. Os acessos foram agrupados de acordo com as médias obtidas em 16 grupos (Figura 06). Já os acessos UNEMAT 119 (*C. chinense*) e UNEMAT 145 (*C. chinense*) se agruparam no último grupo (grupo P), apresentando concentrações de 29,28 e 35,93 mg EAG.100 g<sup>-1</sup> respectivamente. O grupo K, foi o maior grupo, com 11 acessos de *Capsicum* spp.

Costa et al. (2009), ao avaliarem diferentes espécies de *Capsicum* em extração por extrato bruto, encontraram concentrações de fenóis variando de 135,52 a 177,63 mg EAG:100 g<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes aos obtidos pelo presente trabalho foram apresentados por Hassimotto et al. (2005) para extratos metanólicos de *C. annuum* var. *annuum*, utilizando reagente Folin Ciocalteu, que encontraram concentrações de 119 mg.100 g<sup>-1</sup> para pimentas verdes e 131 mg.100 g<sup>-1</sup> para as vermelhas. Neste trabalho foram encontrados acessos com concentração muito superior aos encontrados pelos autores acima e também inferiores aos relatados por eles, isto pode ter ocorrido devido à grande quantidade de acessos analisados, o que possibilitou identificar extremos em relação à concentração de fenóis totais, podendo deste modo indicar uma grande variabilidade entre os acessos para esta característica bioquímica em especial.

Espécies de *Capsicum* largamente consumidas contém em sua composição química teores significativos de compostos fenólicos que contribuem para as qualidades sensoriais dos frutos como cor, adstringência, amargor e sabor, e cujos níveis variam largamente durante a fase de crescimento e de maturação e, conseqüentemente, essas variações influenciam as atividades biológicas (Conforti et al., 2007).



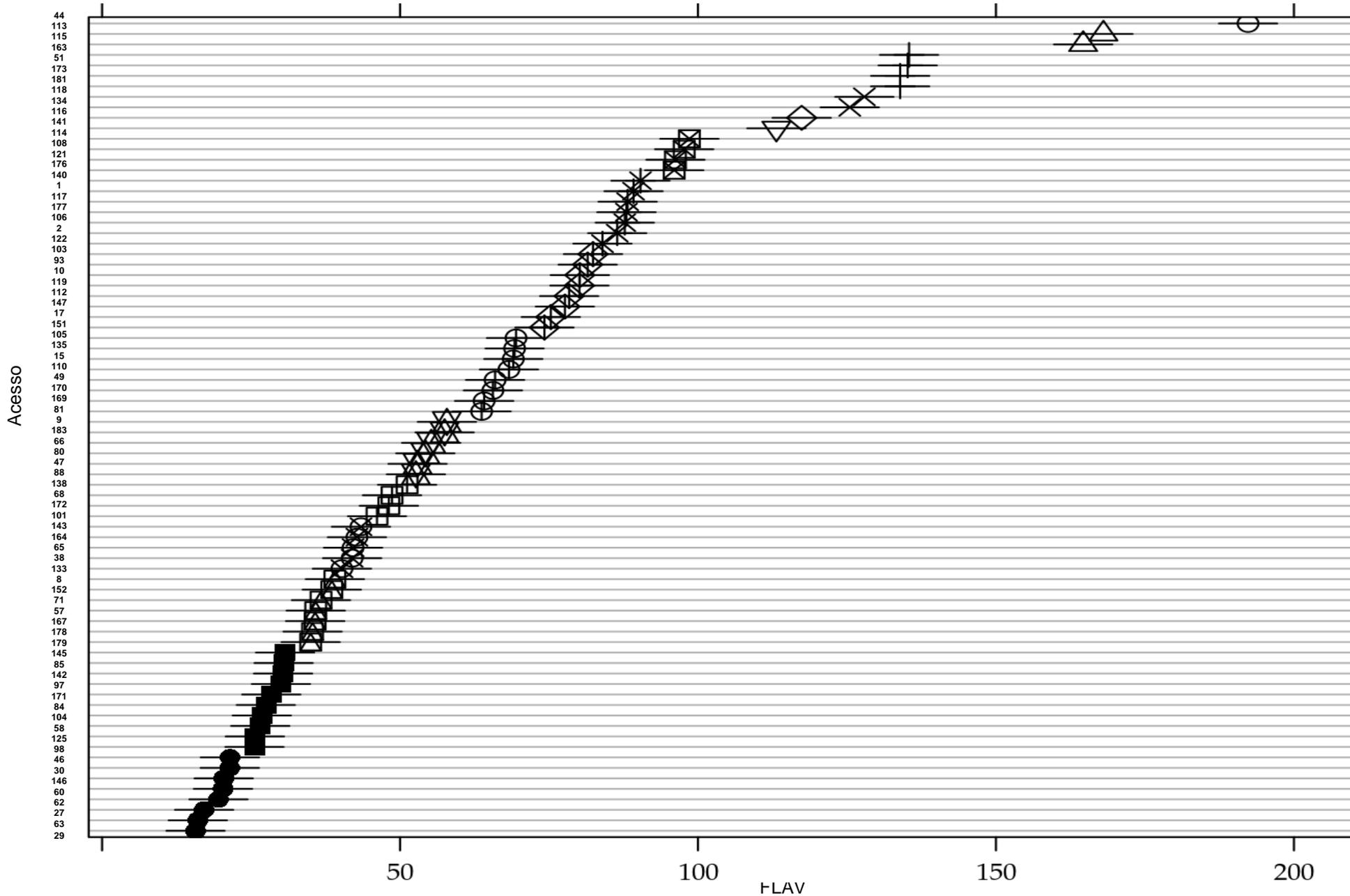
**Figura 06-** Análise de Scott Knott para 78 acessos de *Capsicum* spp. quanto à concentração (mg EAG. 100 g<sup>-1</sup>) de Fenóis totais (FT) nos frutos. UNEMAT, Cáceres-MT.

#### 4.4- Flavonóides

O acesso UNEMAT 44 (*C. frutescens*), com média de 192,29 mg.100 g<sup>-1</sup>, se destacou entre os 78 acessos de *Capsicum* spp., superando estatisticamente os demais, formando o grupo isolado A.

Os acessos para a concentração de flavonóides foram agrupados em 16 grupos (Figura 07), sendo o último composto pelos acessos UNEMAT 29 (*C. chinense*), UNEMAT 63 (*C. chinense*), UNEMAT 27 (*C. frutescens*), UNEMAT 62 (*C. chinense*), UNEMAT 60 (*C. chinense*), UNEMAT 146 (*C. chinense*), UNEMAT 30 (*Capsicum* sp.) e UNEMAT 46 (*C. annuum*), pois ambos apresentaram baixa concentração de flavonóis variando de 15,68 a 21,46 mg.100 g<sup>-1</sup>. Estes resultados indicam que estes acessos com baixo teor de flavonóides não são indicados para a sua introdução em programa de melhoramento para *Capsicum* spp.

Vera-Guzmán et al. (2011) relataram que ao quantificarem flavonóides em pimentas do gênero *Capsicum* sp., encontraram valores de 9,5 mg.100 g<sup>-1</sup> a 97,4 mg.100 g<sup>-1</sup> variando a concentração em função do cultivar, do local de plantio e do estágio de maturação. Valores ainda menores foram encontrados por Marinova et al. (2005) ao pesquisarem flavonóis em *C. annuum* encontraram valores de 4,1 a 27,4 mg.100 g<sup>-1</sup> (de peso fresco).



**Figura 07-** Análise de Scott Knott para 78 acessos de *Capsicum* spp. quanto à concentração ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) de Flavonóides (FLAV) nos frutos. UNEMAT, Cáceres-MT.

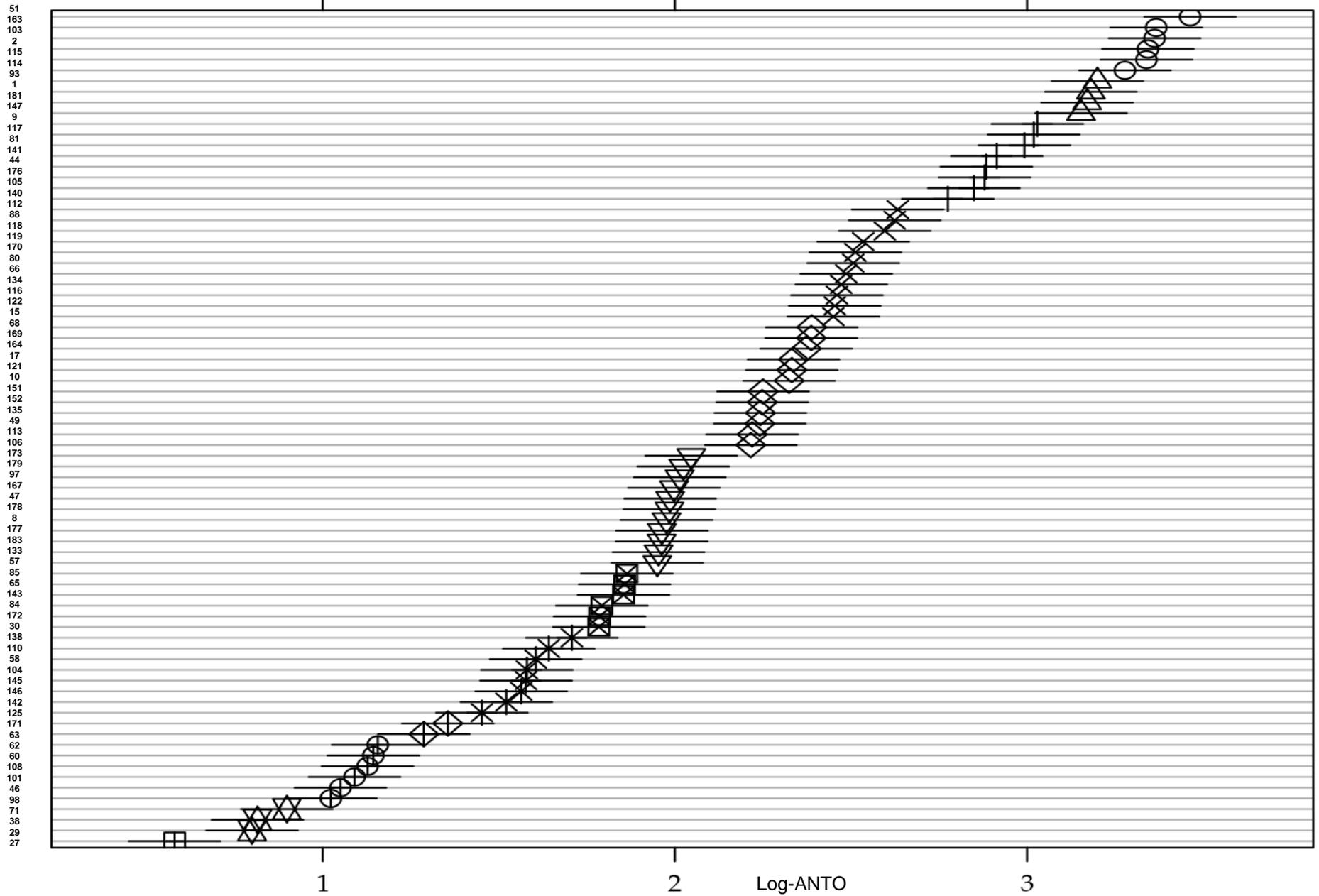
#### 4.5- Antocianinas

Ao avaliar o teor de antocianina presente nos acessos, pode-se verificar amplitudes variando de 1,78 para o acesso UNEMAT 27 (*C. frutescens*), a 31,9 mg.100 g<sup>-1</sup>, para o acesso UNEMAT 51 (*C. frutescens*), o que evidencia expressiva variabilidade genética entre os acessos.

Sadilova et al. (2006), ao avaliarem *Capsicum* spp. de coloração violeta, encontraram concentrações de antocianina variando de 0,15 à máxima de 28,68 mg.100 g<sup>-1</sup>, valores médios próximos aos encontrados neste trabalho. Arnnok et al. (2012), ao avaliarem 17 amostras de *Capsicum annum*, em base seca, encontraram concentrações de antocianinas variando de 0,0795 a 0,47 mg.100 g<sup>-1</sup>, valores muito inferiores aos encontrados neste trabalho. Os 78 acessos foram distribuídos de acordo com suas médias em 12 grupos (Figura 08).

Como pode ser observado na tabela 2, os acessos com maior concentração de antocianinas, foram: UNEMAT 51 (*C. frutescens*), UNEMAT 163 (*C. annum*), UNEMAT 103 (*C. annum*), UNEMAT 02 (*Capsicum* sp.), UNEMAT 115 (*C. frutescens*) e UNEMAT 114 (*C. frutescens*). Apresentaram as respectivas médias 31,9; 28,98; 28,85; 28,31; 28,2 e 26,52 mg.100 g<sup>-1</sup>. O grupo com menor média (L) foi composto exclusivamente pelo acesso UNEMAT 27 com 1,78 mg.100 g<sup>-1</sup>, não sendo indicado para programa de melhoramento visando esta característica.

Acesso



**Figura 08-** Análise de Scott Knott para 78 acessos de *Capsicum* spp. quanto à concentração de Antocianinas (ANTO) nos frutos. Dados transformados em logaritmo natural (log). UNEMAT, Cáceres-MT.

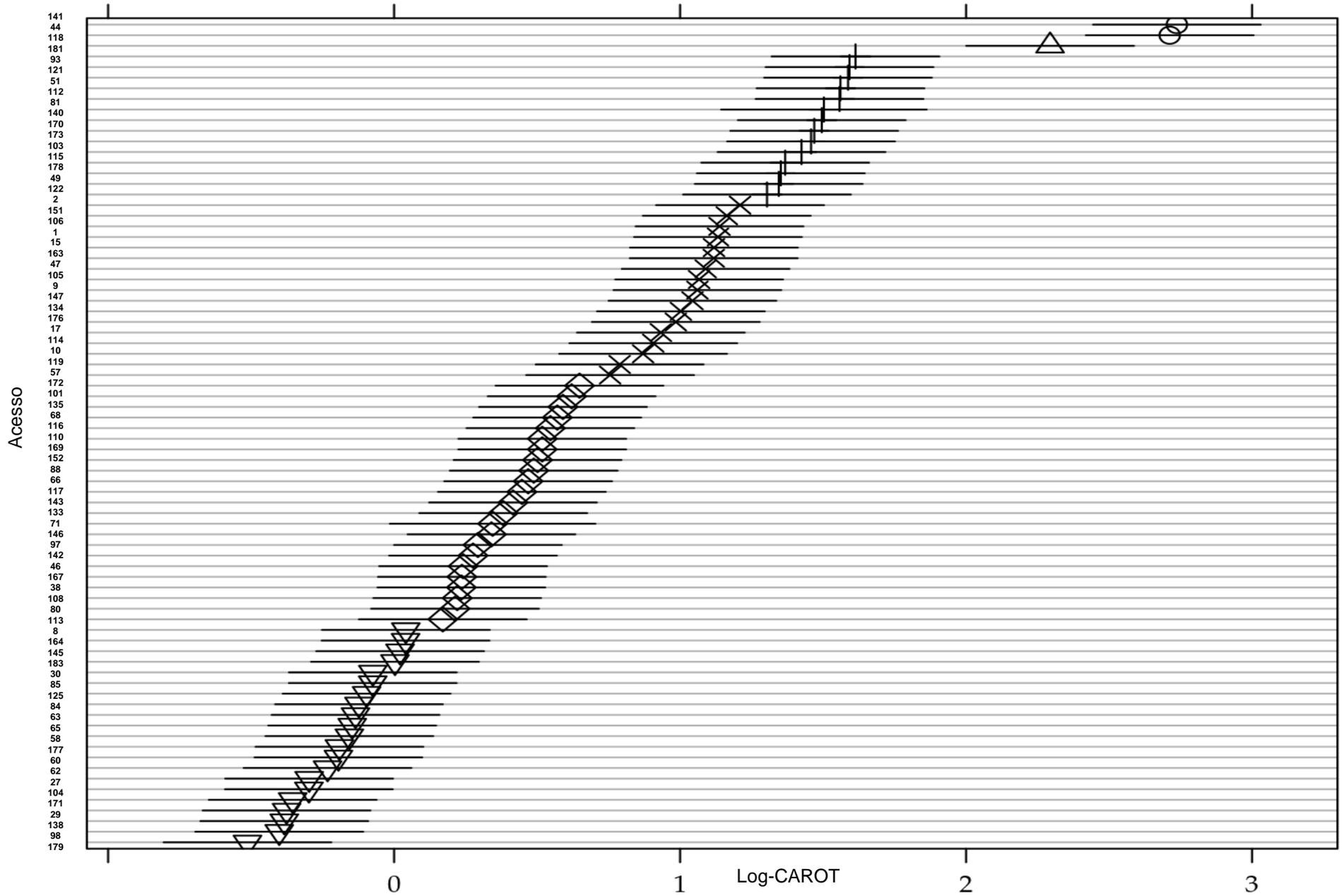
#### 4.6- Carotenoides

O teor de carotenoides variou de 15,55 mg.100 g<sup>-1</sup> até 0,60 mg.100 g<sup>-1</sup> agrupando os acessos em seis grupos (Figura 09), com 29,48% reunidos no grupo E. No primeiro grupo (A) ficaram agrupados apenas os acessos UNEMAT 141 (*C. baccatum* var. *praetermissum*) e UNEMAT 44 (*C. frutescens*), sendo que esse apresentou concentração de 15,55 e este 15,13 mg.100 g<sup>-1</sup>, e ambos se destacaram dos demais apresentando os melhores desempenhos dentre os acessos avaliados.

No outro extremo ficaram agrupados os acessos UNEMAT 08 (*C. chinense*), UNEMAT 164 (*C. chinense*), UNEMAT 145 (*C. chinense*), UNEMAT 183 (*Capsicum* sp.), UNEMAT 30 (*Capsicum* sp.), UNEMAT 88 (*C. baccatum* var. *pendulum*), UNEMAT 125 (*C. chinense*), UNEMAT 85 (*C. chinense*), UNEMAT 63 (*C. chinense*), UNEMAT 65 (*C. baccatum* var. *pendulum*), UNEMAT 58 (*Capsicum* sp.), UNEMAT 177 (*C. frutescens*), UNEMAT 60 (*C. chinense*), UNEMAT 62 (*C. chinense*), UNEMAT 27 (*C. frutescens*), UNEMAT 105 (*C. baccatum* var. *pendulum*), UNEMAT 171 (*C. baccatum* var. *pendulum*), UNEMAT 29 (*C. chinense*), UNEMAT 101 (*C. chinense*) e UNEMAT 179 (*C. baccatum* var. *pendulum*) no grupo F, com variação dentro do grupo de 1,05 a 0,60 mg.100 g<sup>-1</sup>.

Carvalho et al. (2013) ao avaliarem carotenoides em *Capsicum* spp., provenientes do BAG da Embrapa Amazônia Oriental, encontraram concentrações variando de 0,38 mg.100 g<sup>-1</sup> a 5,72 mg.100 g<sup>-1</sup>, para fruto maduro e em base seca, valores inferiores aos encontrados neste trabalho.

Como pode ser observado, ocorreram diferenças nas concentrações entre os acessos, o que segundo Gross (1987), as diferenças qualitativas e, especialmente, quantitativas de carotenoides ocorrem como resultado de vários fatores, como: diferenças no material genético, época de maturação, clima/localização geográfica da produção, estação do ano e parte da planta amostrada.



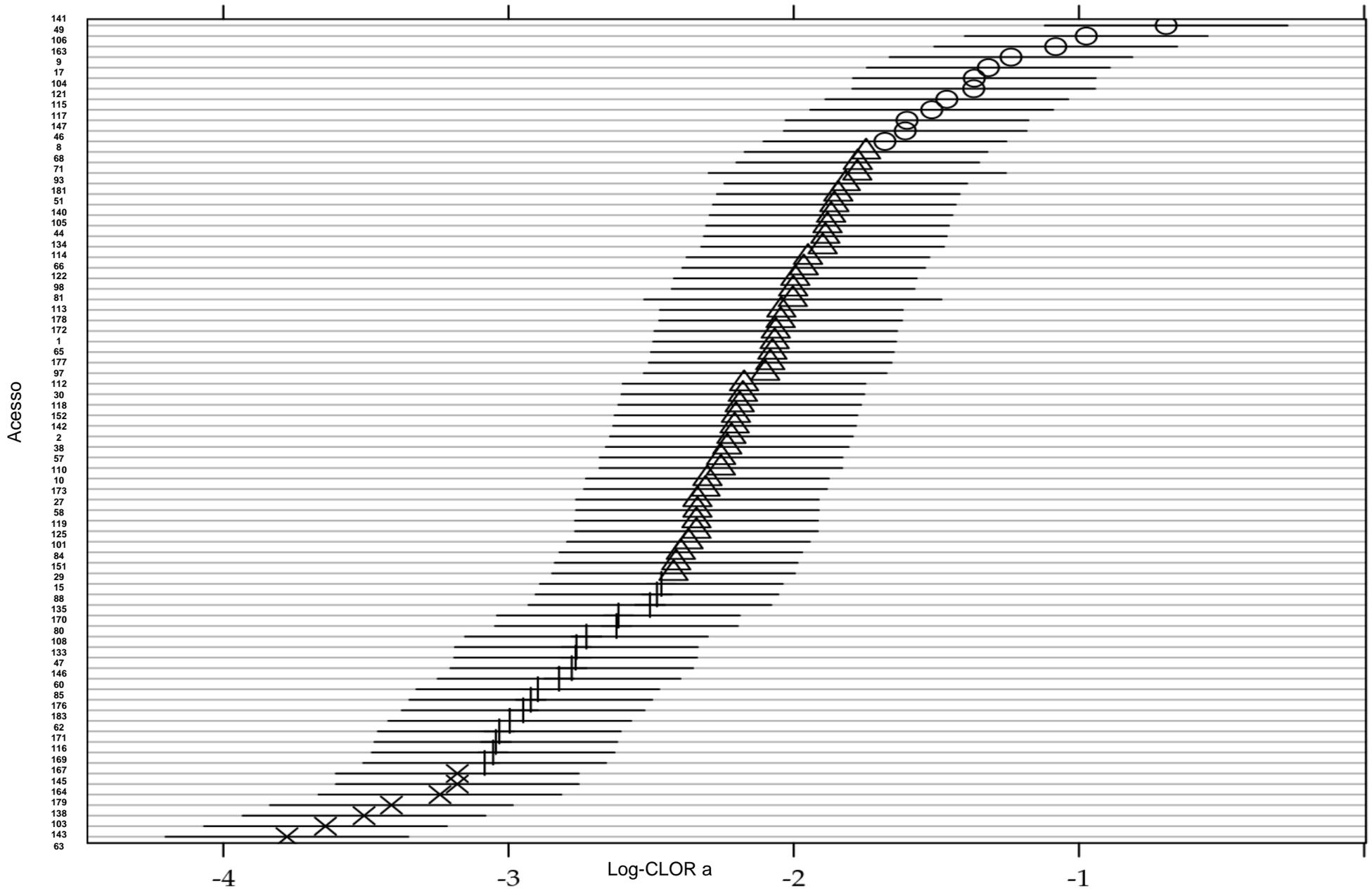
**Figura 09-** Análise de Scott Knott para 78 acessos de *Capsicum* spp. quanto à concentração de Carotenoides (CAROT) nos frutos. Dados transformados em logaritmo natural (log). UNEMAT, Cáceres-MT.

#### 4.7- Clorofila a

Para a característica clorofila a, os acessos segregaram em quatro grandes grupos (Figura 10), o grupo B agrupou 41 dos 78 acessos, tornando-se o maior grupo, representando 52,56% dos acessos avaliados. Os acessos UNEMAT 141 (*C. baccatum* var. *praetermissum*), UNEMAT 49 (*C. frutescens*), UNEMAT 106 (*C. chinense*), UNEMAT 163 (*C. annuum*), UNEMAT 09 (*C. frutescens*), UNEMAT 17 (*C. frutescens*), UNEMAT 104 (*C. annuum*), UNEMAT 121 (*C. chinense*), UNEMAT 115 (*C. frutescens*), UNEMAT 117 (*C. frutescens*), UNEMAT 147 (*C. baccatum* var. *pendulum*), e UNEMAT 46 (*C. annuum*) se destacaram dos demais, agrupados no grupo A, apresentando médias de: 0,50; 0,38; 0,67; 0,29; 0,27; 0,26; 0,28; 0,23; 0,22; 0,22; 0,20 e 0,19 mg.100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Já os acessos UNEMAT 145 (*C. chinense*), UNEMAT 164 (*C. chinense*), UNEMAT 179 (*C. baccatum* var. *pendulum*), UNEMAT 138 (*C. baccatum* var. *pendulum*), UNEMAT 103 (*C. annuum*), UNEMAT 143 (*C. chinense*) e UNEMAT 10 (*C. frutescens*), apresentaram as menores médias, compondo o grupo de menor teor de clorofila a (grupo D).

Entre os 78 acessos avaliados houve amplitude de concentração de clorofila a, variando de 0,02 a 0,50 mg.100 g<sup>-1</sup>.

Ashrafuzzaman et al. (2011), ao avaliarem diferentes tipos de cobertura, encontraram concentração de clorofila a, para área sem cobertura de 1,30 mg.g<sup>-1</sup>, valores muito superiores aos encontrados neste trabalho.



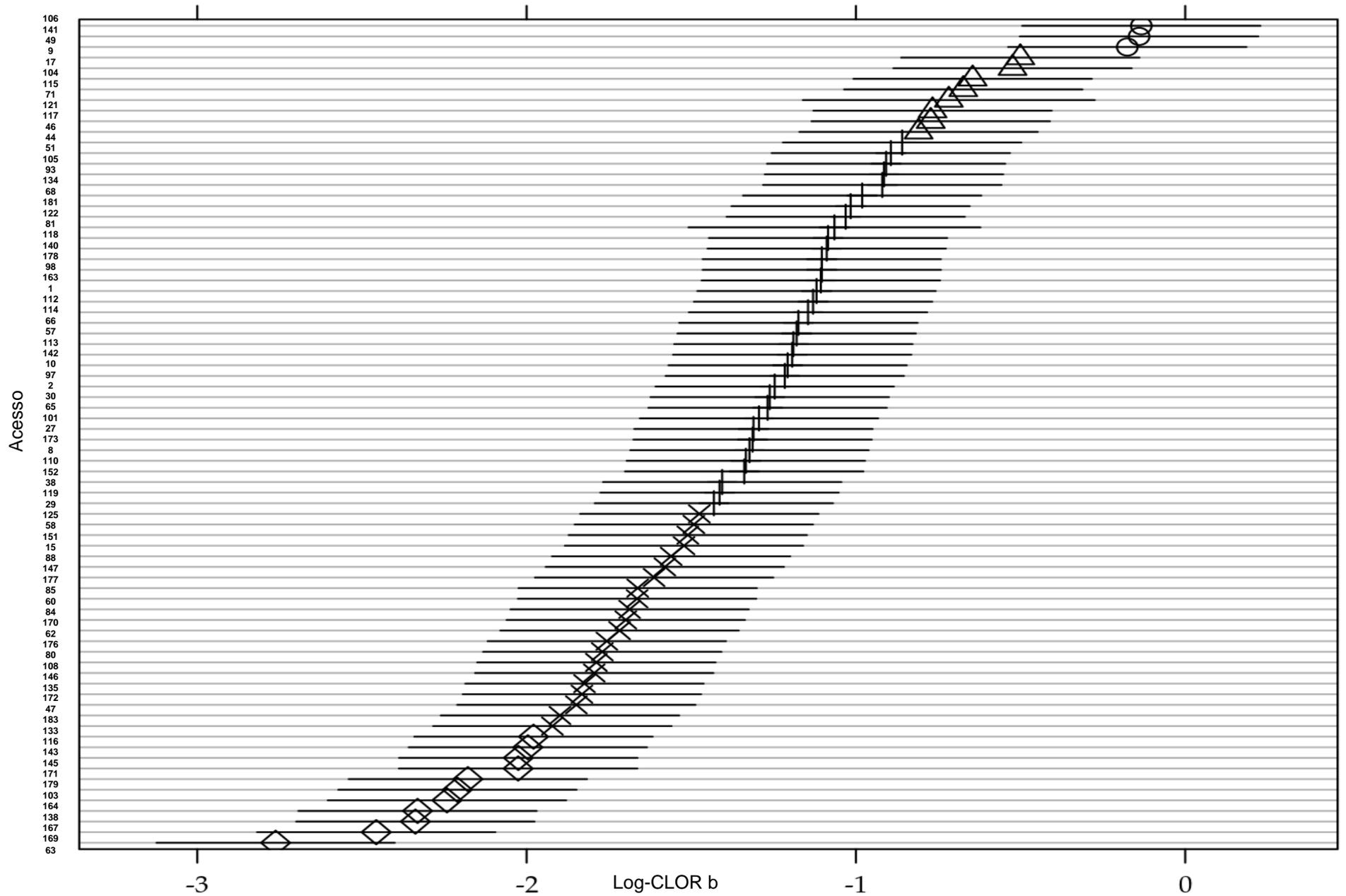
**Figura 10-** Análise de Scott Knott para 78 acessos de *Capsicum* spp. quanto à concentração de Clorofila a (CLOR a) nos frutos. Dados transformados em logaritmo natural (log). UNEMAT, Cáceres-MT.

#### 4.8- Clorofila b

Ao analisar clorofila b, verificou-se a formação de cinco grupos (Figura 11), mostrando pouca variabilidade entre os acessos para esta característica em especial. Os acessos UNEMAT 106 (*C. chinense*), UNEMAT 141 (*C. baccatum* var. *praetermissum*) e UNEMAT 49 (*C. frutescens*) se destacaram dos demais apresentando as seguintes médias: 1,64; 0,88 e 0,86 mg.100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. São concentrações que podem ser consideradas altas, semelhantes às encontradas por Bento et al. (2007), ao avaliar acessos de *Capsicum chinense*, que encontrou teor de clorofila b, variando de 0,41 a 0,91 mg.100 g<sup>-1</sup>.

O grupo C, foi composto por 35 dos 78 acessos, respondendo por 44,87% de todos os acessos avaliados. Os acessos que apresentaram as menores concentrações foram: UNEMAT 116 (*C. annuum*), UNEMAT 143 (*C. chinense*), UNEMAT 145 (*C. chinense*), UNEMAT 103 (*C. annuum*), UNEMAT 171 (*C. baccatum* var. *pendulum*), UNEMAT 178 (*C. frutescens*), UNEMAT 164 (*C. chinense*), UNEMAT 138 (*C. baccatum* var. *pendulum*), UNEMAT 167 (*C. annuum*) e UNEMAT 63 (*C. chinense*). A concentração de clorofila b variou de 0,06 (acesso 63) a 0,88 (acesso 141) mg.100 g<sup>-1</sup>. Para todas as análises o teor de clorofila b foi superior ao de clorofila a.

Os pigmentos fotossintéticos, como clorofila a, clorofila b e carotenoides, são extremamente importantes para a sobrevivência das plantas (sem os quais seria impossível a vida), pois capturam energia solar usada na fotossíntese. A clorofila a é indispensável para as plantas, pois tem a função de auxiliar a produção de oxigênio pela fotossíntese. A clorofila b não está relacionada diretamente com a transdução de energia da fotossíntese, porém a sua função é ampliar a faixa de luz que pode ser usada pela planta. Os carotenoides, bem como a clorofila b, são pigmentos acessórios, tendo como principal função a de antioxidante, protegendo de danos fotooxidativos as moléculas de clorofila, pois, quando existe um excesso de energia no interior da célula, esta é dispersa na forma de calor pelos carotenoides (Raven et al., 2007).



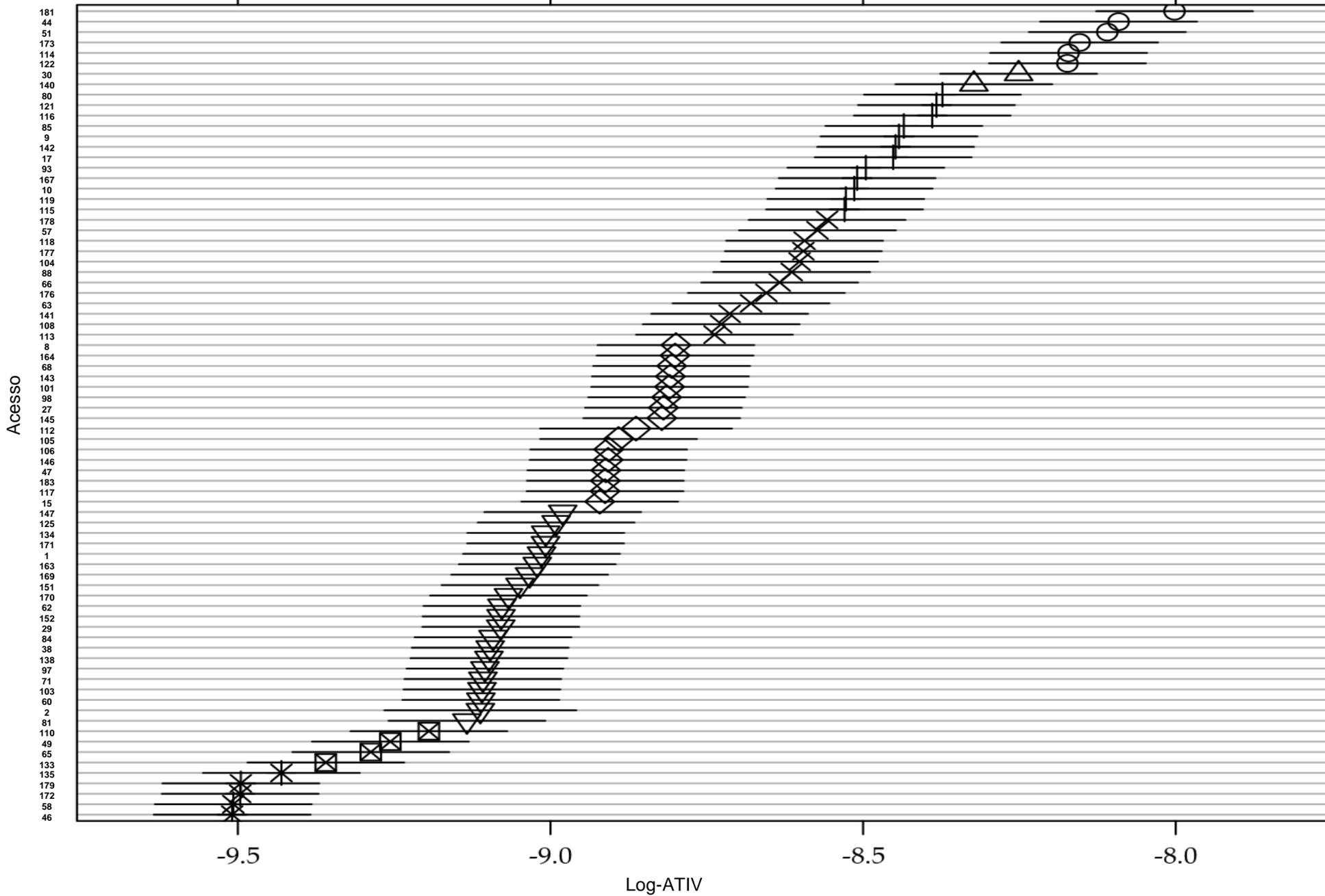
**Figura 11-** Análise de Scott Knott para 78 acessos de *Capsicum* spp. quanto à concentração de Clorofila b (CLOR b) nos frutos. Dados transformados em logaritmo natural (log). UNEMAT, Cáceres-MT.

#### 4.9- Atividade antioxidante

A análise de DPPH demonstrou que os acessos UNEMAT 181 (*Capsicum* sp.), UNEMAT 44 (*C. frutescens*), UNEMAT 51 (*C. frutescens*), UNEMAT 173 (*Capsicum* sp.), UNEMAT 114 (*C. frutescens*) e UNEMAT 121 (*C. chinense*), apresentaram os maiores teores de antioxidantes, apresentando as respectivas médias: 2.990,59; 3.266,21; 3.326,46; 3.482,90; 3.538,35 e 3.579,64 EC<sub>50</sub> g fruto fresco. g DPPH<sup>-1</sup>, e todos foram agrupados no grupo A. São concentrações que podem ser consideradas elevadas, como as obtidas por Carvalho et al. (2013) (4.905,06 a 2.061,57 EC<sub>50</sub> g fruto fresco. g DPPH), e superiores às encontradas por Moresco et al. (2012) que ao quantificar atividade antioxidante em *Capsicum chinense* encontrou valores de 6.792 a 4.174 EC<sub>50</sub> g fruto fresco. g DPPH.

Com relação aos dados, quanto menor o EC<sub>50</sub>, (50% da Concentração Inibitória), maior é a capacidade de neutralização de radicais livres, isso demonstra que é necessária uma menor quantidade de pimenta para neutralizar 50% do radical DPPH, o que infere que a amostra possui alta atividade antioxidante.

Os acessos UNEMAT 46 (*C. annuum*), UNEMAT 58 (*Capsicum* sp.), UNEMAT 172 (*C. baccatum* var. *pendulum*), UNEMAT 179 (*C. baccatum* var. *pendulum*) e UNEMAT 135 (*Capsicum* sp.) apresentaram as menores atividades antioxidantes, compondo deste modo o grupo H, a amplitude dentro do grupo variou de 13.481,42 a 12.460,47 EC<sub>50</sub> g fruto fresco. g DPPH<sup>-1</sup>. Ao todo os acessos foram agrupados em oito grupos (Figura 12).



**Figura 12-** Análise de Scott Knott para 78 acessos de *Capsicum* spp. quanto à Atividade antioxidante (ATIV) nos frutos. Dados espelhados e transformados em logaritmo natural (log). UNEMAT, Cáceres-MT.

#### 4.10- Análise de Componentes Principais (ACP)

A análise de componentes principais foi utilizada para identificar os descritores mais importantes, além de fornecer informações sobre a correlação entre a concentração dos compostos bioquímicos avaliados.

As análises mostraram que os dois primeiros componentes principais permitiram explicar 62,47% das variâncias contidas nas variáveis originais, se somados ao terceiro componente esse valor aumenta para 75,26%, e ao quarto componente 84,75% (Tabela 3). Nos casos em que este limite não é atingido nos dois primeiros componentes, a análise é complementada com a dispersão gráfica em relação ao terceiro e quarto componentes (Cruz e Carneiro, 2006).

Tabela 03: Estimativa dos autovalores associados aos componentes principais, importância relativa (%) e acumulada, referente a nove características bioquímicas avaliadas em frutos de 78 genótipos de *Capsicum* spp. UNEMAT, Cáceres-MT.

Componentes	Autovalores	Valor em %	% Acumulada
1	2,062	47,12	47,12
2	1,170	15,22	62,47
3	1,072	12,78	75,26
4	0,924	9,48	84,75
5	0,678	5,11	89,87
6	0,581	3,75	93,62
7	0,520	3,00	96,63
8	0,494	2,71	99,35
9	0,241	0,64	100

Observa-se na tabela 04 que, para o primeiro componente principal (CP1) as variáveis de maior contribuição para discriminação dos genótipos foram: Flavonóis (FLAV), Carotenoides (CAROT) e Fenóis totais (FT). Para o segundo componente principal (CP2), os principais compostos que influenciaram a formação do componente foram: clorofila a (CLOR a), clorofila b (CLOR b) e atividade antioxidante (ATIV).

Para o terceiro componente (CP3) o ácido ascórbico (AA), antocianinas (ANTO) e carotenoides (CAROT) foram os compostos que mais influenciaram na formação do mesmo, e para o quarto componente (CP4), as variáveis mais importantes foram acidez

titulável (AT), AA e ATIV. A importância relativa de um CP é avaliada pela percentagem da variância que ela explica, ou seja, a proporção da variação total explicada, neste caso até o CP4, foi de 84,75% da variação total, índice suficiente para explicar grande parte da variação, não sendo necessário continuar com a análise dos demais componentes principais.

Tabela 04: Coeficiente de ponderação das nove variáveis bioquímicas avaliadas em frutos de *Capsicum* spp. UNEMAT, Cáceres-MT.

CP	AT <sup>1</sup>	AA	FT	FLAV	ANTO	CLORa	CLORb	CAROT	ATIV
1	-0,316	-0,174	-0,378	-0,387	-0,325	-0,330	-0,350	-0,387	-0,295
2	0,122	-0,338	-0,170	-0,224	-0,207	0,561	0,532	-0,049	-0,382
3	0,202	0,538	0,216	-0,279	-0,509	0,080	0,164	-0,378	0,328
4	0,658	0,606	0,125	0,001	-0,185	-0,232	-0,152	-0,086	0,251
5	-0,028	-0,056	-0,611	-0,284	0,308	0,144	0,085	-0,021	<b>0,647</b>
6	<b>0,616</b>	0,408	-0,413	0,102	0,272	-0,040	-0,122	-0,169	-0,393
7	0,164	0,154	-0,031	-0,539	-0,150	-0,227	0,004	<b>0,757</b>	-0,099
8	-0,031	0,058	-0,464	0,577	<b>-0,597</b>	-0,005	0,016	0,281	0,111
9	0,044	0,012	0,068	-0,082	-0,096	0,664	<b>-0,722</b>	0,120	0,027

<sup>1</sup>AT=Acidez titulável; AA= Ácido ascórbico; FT= Fenóis totais; FLAV= Flavonóis; ANTO= Antocianinas; CLORa= Clorofila a; CLORb= Clorofila b; CAROT= Carotenoides totais; ATIV= Atividade antioxidante.

Em determinados estudos, quando o número de variáveis é muito grande, é necessário descartar aquelas de pouca importância na discriminação do material avaliado, diminuindo mão de obra, tempo e custo despendido na análise e interpretação dos dados experimentais.

Fundamentado no princípio de que a importância relativa dos componentes principais decresce do primeiro para o último, pode-se afirmar que os últimos componentes são responsáveis pela explicação de uma fração mínima da variância total disponível. Deste modo a variável que apresenta maior coeficiente de ponderação no componente de menor autovalor é considerada a menos importante para explicar a variabilidade genética do material estudado, sendo, portanto, passível de descarte. Utilizando esse parâmetro tem sido comum descartar o caráter de maior coeficiente, a partir do último componente, até aquele cujo autovalor não exceda 0,7. (Cruz et al., 2004).

De maneira geral os compostos que menos explicaram a variância total disponível foram: clorofila b, antocianinas, carotenoides, acidez titulável e atividade antioxidante. Estas variáveis apresentaram maiores coeficientes de ponderação nos últimos componentes principais, podendo, portanto, serem dispensáveis na análise de dissimilaridade, isto pode ser feito devido ao alto grau de correlação entre estes compostos e os demais. Desta forma, as variáveis: fenóis totais, flavonóides, clorofila a e ácido ascórbico são as mais responsivas à seleção para os genótipos de *Capsicum* spp.

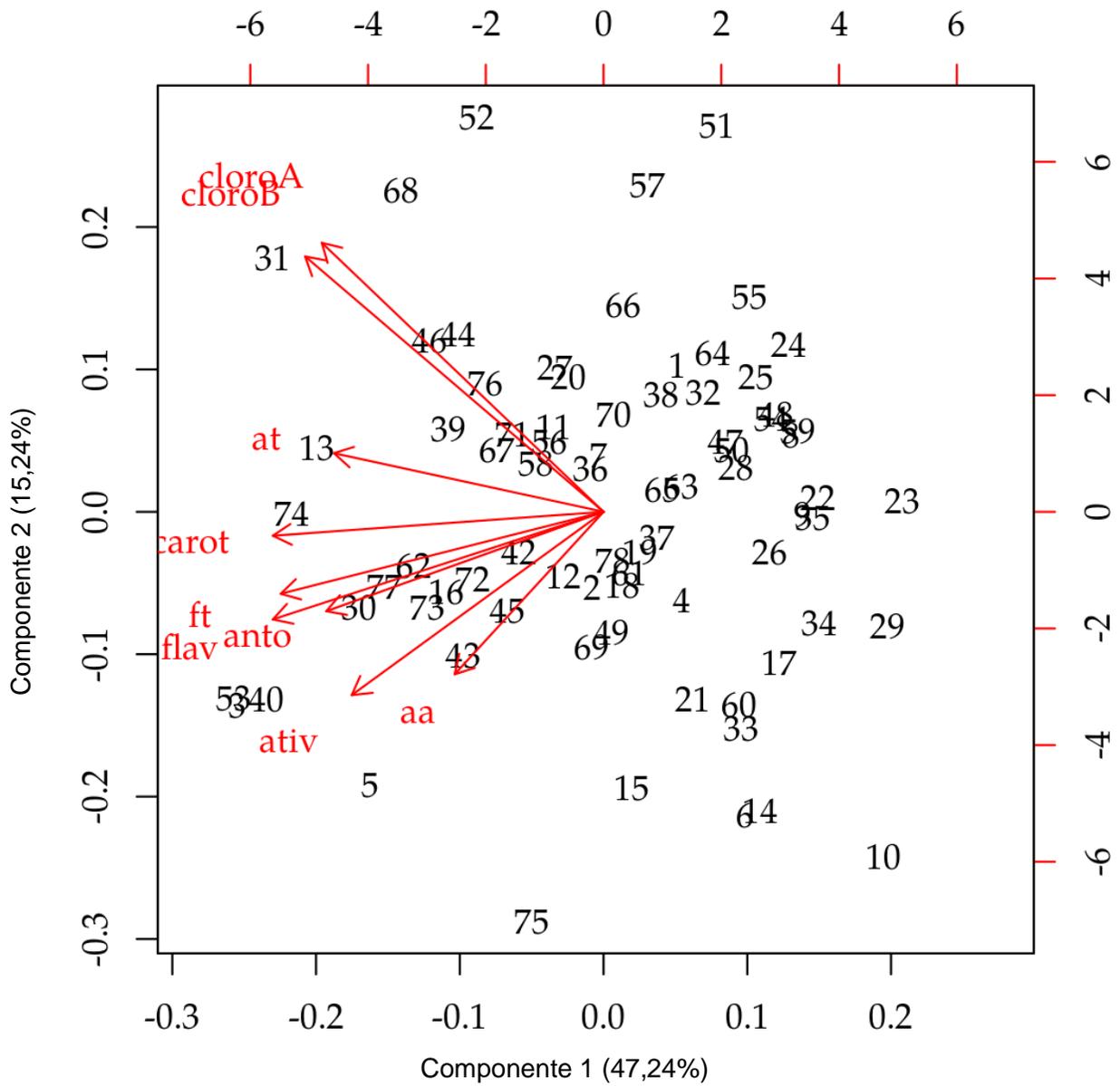
#### 4.10.1- Correlação entre os vetores

Conforme reportado por Smith et al. (2002), interpretações podem ser feitas em função do ângulo entre os vetores. Se o ângulo for próximo a zero, a correlação é muito alta e positiva; se for próximo a 180°, a correlação é também alta, porém negativa; finalmente, se o ângulo é cerca de 90°, as variáveis estão pouco relacionadas.

Conforme visto na figura 13, os compostos clorofila a e clorofila b estão fortemente correlacionados, de fato a produção de um está condicionada à produção do outro, o que justifica sua alta correlação.

De maneira semelhante, o teor de antocianinas está fortemente correlacionado com o teor de flavonóides. Segundo Taiz e Zeiger, (2013), as antocianinas, as flavonas, os flavonóis e as isoflavonas, são subgrupos de flavonóides, e por sua vez, as antocianinas são o grupo de flavonóides pigmentados, sendo responsáveis pela produção da maioria das cores vermelha, rosa, roxa e azul observadas em flores e frutos, o que explica essa forte correlação das antocianinas com os flavonóides, pois as antocianinas são moléculas que compõe o grupo dos flavonóides totais.

Outros compostos que estão fortemente correlacionados são: fenóis totais e flavonóides. De acordo com Sousa et al. (2007), os compostos fenólicos distribuem-se nas seguintes categorias: fenóis simples, ácidos fenólicos (derivados do ácido benzoico e cinâmico), cumarinas, flavonóides, estilbenos, taninos condensados e hidrolisáveis, lignanas e ligninas. Deste modo de maneira análoga ao explicado no parágrafo anterior, os flavonóides estão inseridos dentro do grupo de fenóis totais, tornando a correlação entre o aumento ou diminuição da concentração de ambos é claramente justificada.



**Figura 13-** *Biplot* da projeção das variáveis: Clorofila a (cloroA), Clorofila b (cloroB), acidez titulável (at), carotenoides totais (carot), fenóis totais (ft), flavonóides (flav), antocianinas (anto), atividade antioxidante (ativ) e ácido ascórbico (aa), no plano definido por CP1 e CP2.

A atividade antioxidante está correlacionada positivamente com todas as outras variáveis, variando de correlação fraca a forte para CLOR a, CLOR b, AT, CAROT, FT, FLAV, ANTO, e AA, sendo este o que apresentou maior correlação com ATIV. Esses dados são facilmente explicados por diferentes autores, ao atribuírem a capacidade de neutralização de radicais livres a todos esses compostos, de modo que a ATIV é resultado da somatória da capacidade de neutralização dos radicais livres, apresentado por todos esses compostos antioxidantes juntos (Costa et al., 2009; Vieira et al., 2011; Moraes et al., 2012; Garcia e Alejo, 2013; Carvalho et al., 2014).

Os únicos compostos que não apresentaram correlação foram CLOR a com AA, ou seja, aumento ou diminuição de um desses compostos não alterou positivamente ou negativamente a concentração do outro. A menor correlação foi encontrada entre CLOR b e AA.

#### **4.11- Agrupamento dos genótipos de *Capsicum* spp. quanto aos compostos bioquímicos estudados.**

Os genótipos foram distribuídos em grupos pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA com base na dissimilaridade genética encontrada entre os genótipos pela distância generalizada de Mahalanobis, de acordo com os compostos bioquímicos avaliados.

A partir do corte no dendrograma em aproximadamente 80% (960) foi observada a formação de dois grupos e quatro subgrupos, com similaridade dentro dos grupos e dissimilaridade entre os grupos (Figura 14). O grupo I apresentou em grande maioria dos genótipos alta concentração de fenóis totais, clorofila a, clorofila b e atividade antioxidante, com exceção do acesso UNEMAT 114 (faz parte do grupo II), todos os acessos que apresentaram alta atividade antioxidante na análise de Scott Knott, e todos os acessos que apresentaram as maiores concentrações de fenóis totais para a mesma análise, também foram agrupadas no grupo I. Já no grupo II os teores destes compostos foram inferiores ao grupo I na maioria dos acessos.

O primeiro grupo foi dividido em dois subgrupos, com corte a aproximadamente 60% (700), o primeiro subgrupo foi formado exclusivamente pelo acesso UNEMAT 108 da espécie *C. frutescens*. Esse genótipo se destacou principalmente pela baixa

concentração de flavonóides (97,68 mg.100 g<sup>-1</sup>) e alta concentração de fenóis totais (197,9 mg EAG. 100 g<sup>-1</sup>), quando comparado ao segundo subgrupo. O segundo subgrupo foi formado por 15 acessos, sendo eles: UNEMAT 44 (*C. frutescens*); UNEMAT 113 (*C. frutescens*), UNEMAT 02 (*Capsicum* sp.); UNEMAT 105 (*C. baccatum* var. *pendulum*); UNEMAT 117 (*C. frutescens*); UNEMAT 141 (*C. baccatum* var. *praetermissum*); UNEMAT 121 (*C. chinense*); UNEMAT 122 (*Capsicum* sp.); UNEMAT 140 (*C. frutescens*); UNEMAT 115 (*C. frutescens*); UNEMAT 181 (*Capsicum* sp.); UNEMAT 51 (*C. frutescens*); UNEMAT 118 (*C. chinense*); UNEMAT 173 (*Capsicum* sp.) e UNEMAT 116 (*C. annuum*). Os genótipos desse subgrupo apresentaram alta concentração de fenóis totais, superiores a 149,95 mg EAG. 100 g<sup>-1</sup>, e flavonóides (69,47 mg.100 g<sup>-1</sup>). Grande parte desses genótipos é da espécie *Capsicum frutescens*, algumas conhecidas vulgarmente como pimenta “malagueta”, que em sua maioria apresentam alto teor de fenóis e alta pungência. Ao pesquisarem atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*, Costa et al. (2009) encontraram altas concentrações de fenóis totais em *C. frutescens*, de maneira que indicaram essa espécie como antioxidante natural em alimentos.

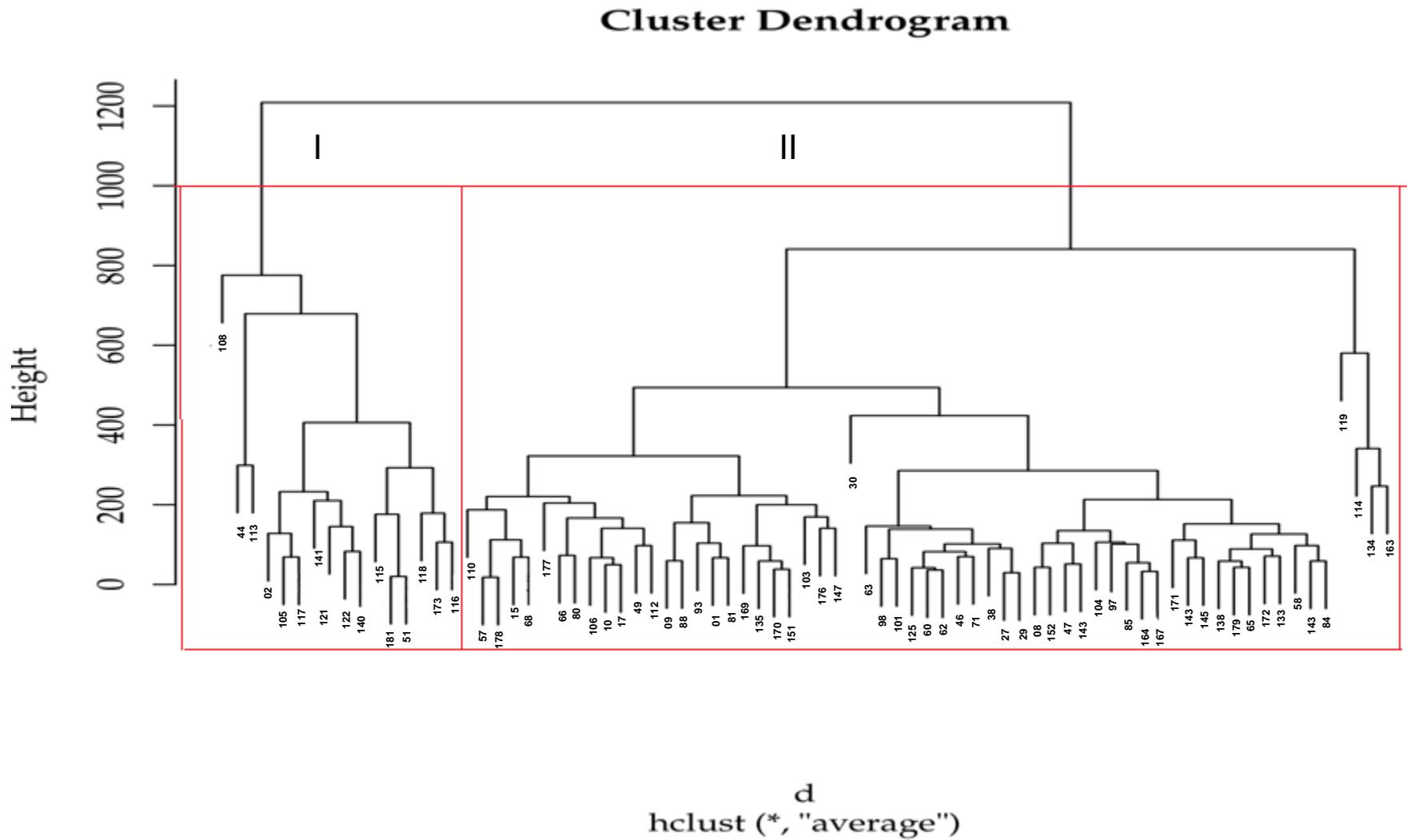
Sudré et al. (2005) ao aplicar técnicas multivariadas para avaliar a divergência genética entre 56 acessos da coleção de germoplasma de *Capsicum* spp. com base em descritores morfoagronômicos essenciais, obtiveram um dendrograma com a formação de sete grupos distintos geneticamente entre si, e com espécies diferentes dentro de cada grupo.

Foi constatado no trabalho acima que não foi possível separar geneticamente as espécies em cada grupo formado, fato esse também ocorrido no presente trabalho, onde os dois grupos formados, apresentaram variadas espécies dentro dos grupos e dentro até dos subgrupos.

O segundo grupo foi composto por dois subgrupos, o primeiro subgrupo foi formado por 57 acessos, sendo que a maioria desses acessos apresenta baixa concentração da maioria dos compostos bioquímicos avaliados, em especial baixo teor de fenóis totais, flavonóides e clorofila b. O segundo subgrupo foi formado por quatro acessos: UNEMAT 119 (*C. chinense*); UNEMAT 114 (*C. frutescens*); UNEMAT 134 (*C. baccatum* var. *pendulum*) e UNEMAT 163 (*C. annuum*). As principais características que

podem ter influenciado a formação desse subgrupo foram as concentrações similares de clorofila a, clorofila b e carotenoides totais, com valores mínimos respectivos de 0,10 mg.100 g<sup>-1</sup>, 0,25 mg.100 g<sup>-1</sup> e 2,32 mg.100 g<sup>-1</sup>.

Conforme evidenciou a análise de diversidade, os 78 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da UNEMAT devem ser mantidos. A existência de variabilidade permite que esses acessos sejam utilizados em programas de melhoramento, cujos frutos poderão ser direcionados ao mercado *in natura* ou a indústrias de molhos ou conservas.



**Figura 14-** Dendrograma representativo da divergência genética entre 78 acessos de *Capsicum* spp, obtido por meio de dados quantitativos com a distância generalizada de Mahalanobis e pelo método de agrupamento UPGMA. Corte do dendrograma em aproximadamente 80% da máxima distância. UNEMAT, Cáceres-MT, 2015.

## 5- CONCLUSÃO

Houve variabilidade genética entre os acessos de *Capsicum* spp. no Banco ativo de Germoplasma da UNEMAT, com a formação de grupos de genótipos distantes geneticamente com base em compostos bioquímicos com ação antioxidante.

Os acessos que se destacaram por apresentar as maiores concentrações da maioria dos compostos estudados são: UNEMAT 108 (*C. frutescens*); UNEMAT 44 (*C. frutescens*); UNEMAT 113 (*C. frutescens*); UNEMAT 02 (*Capsicum* sp.); UNEMAT 105 (*C. baccatum* var. *pendulum*); UNEMAT 117 (*C. frutescens*); UNEMAT 141 (*C. baccatum* var. *praetermissum*); UNEMAT 122 (*Capsicum* sp.); UNEMAT 140 (*C. frutescens*); UNEMAT 115 (*C. frutescens*); UNEMAT 181 (*Capsicum* sp.); UNEMAT 51 (*C. frutescens*); UNEMAT 118 (*C. chinense*); UNEMAT 173 (*Capsicum* sp.) e UNEMAT 116 (*C. annuum*). Estes genótipos irão compor a coleção de trabalho do Programa de Melhoramento Genético Vegetal da UNEMAT, visando potencialização de compostos antioxidantes.

A espécie *Capsicum frutescens* (malagueta) foi a que apresentou maior atividade antioxidante entre as demais.

Os compostos bioquímicos que apresentaram maior contribuição para estimar a variabilidade genética entre os acessos, através dos componentes principais foram os flavonóides, fenóis totais, clorofila a e ácido ascórbico.

Com exceção de clorofila a com ácido ascórbico, todos os outros vetores apresentaram correlação entre eles variando de moderada a fortemente correlacionada.

## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKBAR, N.; AHMAD, H.; GHAFOR, S.; BEGUM, K.; AFRIDI, S.G.; MUHAMMAD, I.; KHAN, I. A. Estimation of Genetic Diversity in *Capsicum* Germplasm Using Randomly Amplified Polymorphic DNA. **Asian Journal of Agricultural Sciences**, 2: 53-56, 2010.
- ALMEIDA, C. M. C. V.; DIAS, L. A. S.; OKABE, E. T.; MEDEIROS, J. R. P. Variability in genetic resources of cacao in Rondônia, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 5: 318-324, 2005.
- ANDREWS J. Diffusion of Mesoamerican food complex to Southeastern Europe. **Geographical Review**, 83: 194-204. 1993.
- ARAYA, H. L.; CLAVIJO, C. R.; HERRERA, C. Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile. **Archivos Latinoamericanos de Nutrição**, 56: 361-364, 2006.
- ARNNOK, P.; RUANGVIRIYACHAI, C.; MAHACHAI, R.; TECHAWONGSTIEN, S.; CHANTHAI, S. Determination of total phenolics and anthocyanin contents in the pericarp of hot chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). **International Food Research Journal**, 19: 235-243, 2012.
- ASHRAFUZZAMAN, M.; ABDUL HAMID, M; ISMAIL, M. R.; SAHIDULLAH, S. M. Effect of plastic mulch on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 54: 321-330, 2011.
- BARREIROS, A. L. B. S; DAVID, J. M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesas do organismo. **Química Nova**, 29: 113-123, 2006.
- BENTO C. S.; SUDRÉ C. P.; RODRIGUES R.; RIVA, E. M.; PEREIRA, M. G. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas. **Scientia Agraria**, 8: 149-156. 2007.
- BERG, J. M. T.; LUBERT, J. **Bioquímica**. 6ª.Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 545p.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; SILVA, G. O.; HARTWIG, I.; VALERIO, I. P.; FINATTO, T. Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, 65: 55-63, 2006.
- BIANCHI, M. L. P; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, 12: 123-130, 1999.

BRAGA, T. R.; PEREIRA, R. C. A.; SILVEIRA, M. R. S.; SILVA L. R.; OLIVEIRA, M. M. T. Caracterização físico-química de progênies de pimentas (*Capsicum frutescens* L.). **Revista de la Facultad de Agronomía**, 112: 6-10, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cultivares registradas**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em, 02 de julho 2015.

BÜTTOW, M. V.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S.; HEIDEN, G.; CARVALHO, F. I. F. Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**, 40: 1264-1269, 2010.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. DE A.; RIOS, A. DE O.; MORESCO, K. S. Mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de pimentas da região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 44: 399-408, 2014.

CARVALHO, A. V.; RIOS, A. DE O.; MACIEL, R. A.; MORESCO, K. S., BECKMAN, J. C. Determinação de carotenoides e atividade antioxidante de pimentas provenientes da região amazônica. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, Ilheus-BA, 2013. **Tecnologia, sustentabilidade e saúde**. Ilhéus: magistra, 2013. 1325-1328p.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. **BOTÂNICA**. Embrapa hortaliças: versão eletrônica. Disponível em: <[www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/botanica.htm](http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/botanica.htm)>. Acesso: 10/06/2015.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; BUSTAMANTE, P. G.; SILVA, D. B. **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (Capsicum spp.) da Embrapa Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 49p, 2003.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Registro de proteção de cultivares do setor público: a experiência do programa de melhoramento de *Capsicum* da Embrapa hortaliças. **Horticultura brasileira**, 27: 135-138, 2009.

CASTRO, S. M.; SARAIVA, J. A.; DOMINGUES, F. M. J.; DELGADILLO, I. Effect of mild pressure treatments and thermal blanching on yellow bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **LWT. Food Science and Technology**, 44: 363-369, 2011.

CASTRO, S. M.; SARAIVA, J. A.; LOPES-DA SILVA, J. A.; DELGADILLO, I.; LOEY, A. V.; SMOUT, C.; HENDRICKX, M. E. Effect of thermal blanching and of high pressure

treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). **Food Chemistry**, 107: 1436 – 1449, 2008.

CONFORTI, F.; STATTI, G. A.; MENICHINI, F. **Food Chemistry**, 102: 1094-1104. 2007.

COSTA, L. M.; MOURA, N. F.; MARANGON, C.; MENDES, C. E.; TEIXEIRA, A. O. Atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 30: 51-59, 2009.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1990, 188p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento).

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed. Viçosa-MG: UFV, 2006. v. 2, 585p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª ed. Viçosa-MG: UFV, 2004. v. 1, 668p.

DAVIS, C. B.; MARKEY, C. E.; BUSCH, M. A.; BUSCH, K. W. Determination of capsaicinoids in Habanero peppers by chemometric analysis of UV spectral data. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 55: 5925-5933, 2007.

DEPPA, N.; KAUR, C.; GEORGE, B.; SINGH, B.; KAPOOR, H. Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. **Food Science and Technology**, 40: 121-129, 2007.

DEWITT, D.; BOSLAND, P. W. **Peppers of the world: an identification guide**. California: ten speed press, 1997. 219p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Capsicum Pimentas e Pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças. 2007. Disponível em :<<http://www.cnph.embrapa.br>> acesso em 10/07/15.

FAO. Faostat database gateway. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em 04/09/2015.

FERRÃO, L. F. V.; CECON, P.R.; FINGER, F.L.; SILVA, F.F.; PUIATTI, M. Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfoagronômicos. **Horticultura Brasileira**, 29: 354-358, 2011.

- FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, 43: 61-68, 1997.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.
- FURTADO, A. A. L.; DUTRA, A. S.; DELIZA, R. Processamento de Pimenta Dedo de Moça (*Capsicum baccatum* var, *pendulum*) em conservas. **Comunicado Técnico**, n. 108, dez. 2006.
- GEPTS, P. Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. **Crop Science**, 46: 2278-2292, 2006.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, 30: 374-81, 2007.
- GOMEZ-GARCIA, M. R.; OCHOA-ALEJO, N. Biochemistry and molecular biology of carotenoid biosynthesis in chili peppers (*Capsicum* spp.). **International Journal of Molecular Sciences**, 14: 19025–19053, 2013.
- GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; SUDRÉ, C. P.; BENTO, C. S.; MOULIN, M. M.; ARAÚJO, M. L.; DAHER, R. F.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G. Divergência genética em tomate estimada por marcadores RAPD em comparação com descritores multicategóricos. **Horticultura Brasileira**, 26: 364-370, 2008.
- GROSS, J. **Pigments in fruits**. London: Academic Press, 1987. 303 p.
- GUIL-GUERRERO, J. L.; MARTINEZ-GUIRADO, C.; REBOLLOSO-FUENTES, CARRIQUE-PÉREZ, A. Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper. **European Food Research**, 224: 1-9, 2006.
- HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal Agricultural Food Chemistry**, 53: 2928-2935, 2005.
- HOWARD, L. R. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* spp.) as influenced by maturity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 48: 1713-1720, 2000.

HOWARD, L. R.; SMITH, R. T.; WAGNER, A. B.; VILLALON, B.; BURNS, E. E. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed Jalapeños. **Journal of Food Science**, 59: 362–365, 1994.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 1ª. Ed. São Paulo: Digital, 2008. p. 1020.

IBIZA, V. P.; BLANCA, J.; CAÑIZARES, J.; NUEZ, F. Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 59: 1077-1088, 2012.

INCE, A.G.; KARACA, M.; ONUS, A.N. Polymorphic Microsatellite Markers Transferable Across *Capsicum* Species Genetic. **Plant Molecular Biology Reporter**, 28: 285-291, 2010.

INOUE A. K; REIFSCHNEIDER F. J. B. Caracterização da coleção de germoplasma de *Capsicum* do CNPH, **Horticultura Brasileira** 1: 10-18, 1989.

JUNIOR E SILVA, W. C.; CARVALHO, S. I. C., DUARTE, J. B. Identification of minimum descriptors for characterization of *Capsicum* spp. germplasm. **Horticultura Brasileira**, 31: 190-202, 2013.

KENDALL, M. G. Factor analysis as a statistical techniques. **Jornal of the Royal Statistical Society**, 22: 60-73, 1950.

KEPPEL, V. D. **Avaliação das propriedades antioxidantes e antimicrobiana de extratos de *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum***. Porto Alegre-RS: Universidade do Rio Grande do Sul, 2007. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências biológicas: bioquímica).

LANNES, S. D.; FINGER, F. L.; SCHUELTER, D. R.; CASALI, V. W. D. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. **Scientia Horticulturae**, 112: 266-270, 2007.

LIBERATO, J. R. **Aplicações de técnicas de análise multivariada em fitopatologia**. Viçosa, UFV, 1995. 144 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia).

LOPES, C. A.; RIBEIRO, C. S. S.; CRUZ, D. M. R.; FRANÇA, F. H.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; HENZ, G. P.; SILVA, H. R.; PESSOA, H. S.; BIANCHETTI, L. B.; JUNQUEIRA, N. V.; MAKISHIMA, N.; FONTES, R. R.; CARVALHO, S. I. C.; MAROUELLI, W. A.; PEREIRA, W. **Sistemas de Produção 2: Pimenta (*Capsicum* spp.)**. Versão Eletrônica

Nov. 2007. Disponível em:

<[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta\\_capsicum\\_spp/autores.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/autores.html)>. Acesso em: 11/09/ 2015.

MARACAHIPES, A. C. **Reação de acessos de *Capsicum* spp. a *Colletotrichum gloeosporioides***. Universidade do Estado de Mato Grosso. 2014, 55p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F.; ATANASSOVA, M. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy** 40: 255-260, 2005.

MCCARTY, T. L. B. **Monitoring of US imports of peppers**. United States International Trade Commission (USITC). 2008.

MONTEIRO, E. R. **Identificação Botânica e Divergência Genética em Pimentas do gênero *Capsicum* spp.** Teresina-Pi: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, 2008, 61p. (Dissertação-Mestrado em Agronomia).

MORAES, L. P.; PAZ, M. F.; ARGANDOÑA, E. J. S.; SILVA, L. R.; ZAGO, T. O. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Fermented “Dedo-de moça” Pepper Sauce. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, 1: 33-38, 2012.

MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S. C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, 27: 16-29. 2006.

MORESCO, K. S.; CARVALHO, A. V., RIOS, A. O. atividade antioxidante e compostos fenólicos de cinco acessos de pimentas *Capsicum chinense*. In 4º SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, Gramado-RS, 2012. **Retorno às origens**. Porto Alegre.

MOSCONI, E. A.; SCALDAFERRO, M. A.; GRABIELE, M.; CECCHINI, N. M.; GARCÍA, Y. S.; JARRET, R.; DAVIÑA, J. R.; DUCASSE, D. A.; BARBOZA, G. E.; EHRENDORFER, F. The evolution of chili peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a cytogenetic perspective. **Acta Horticulturae**, 745: 137-169, 2007.

NASS, L.L.; PATERNIANI, E. Pré-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, 57: 581-587, 2000.

NEVES, S. M. A.; NUNES, M. C. M.; NEVES, N. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/ MT-Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, 31: 55-68, 2011.

NUEZ VIÑALS, F.; GIL ORTEGA, R.; COSTA GARCIA, J. **El cultivo de pimientos, chiles y ajies**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996, 607p.

OGISO, Y.; HOSODA-YABE, R.; KAWAMOTO, Y.; KAWAMOTO, T.; KATO, K.; YABE, T. An antioxidant of dried chilli pepper maintained its activity through postharvest ripening for 18 months. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, 72: 3297-3300, 2008.

OLIVEIRA, A. L.; BRUNINI, M. A.; SALANDANI, C. A. R.; BAZZO, F. R. Caracterização tecnológica de jaboticabas “Sabará” provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 25: 397- 400, 1999.

OLIVEIRA, A. M. C. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e atividade antifúngica de pimentas do gênero *Capsicum* ssp.** Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2011. 82 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e nutrição).

OLIVEIRA, R. G. O.; GODOY, H. T.; PRADO, M. A. Otimização de metodologia colorimétrica para a determinação de ácido ascórbico em geleias de frutas. **Ciência e tecnologia de alimentos**, 30: 244-249, 2010.

PEREIRA, R. C. **Avaliação do potencial antioxidantes de extratos de Cagaita (*Eugenia dysenterica*).** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2012. 42p. (Dissertação-Mestrado em química).

PICKERSGILL, B. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. **Euphytica** 96: 129-133, 1997.

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. (org). **Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum* spp.)**. 1 ed. Recife: Imprima, 2011. 11-52p.

PINTO, C. M. F.; PINTO, C. L. O.; DONZELES, S. M. L. Pimenta *Capsicum*: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 3: 108-120, 2013.

POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, 67: 289-297, 1997.

RAO, C.R. **An advanced statistical method in biometric research**. New York: John Wiley & Sons, 1952. 390p,

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2007. 906p.

RÊGO, E. R.; FINGER, F. L.; RÊGO, M. M. Consumption of pepper in Brazil and its implications on nutrition and health of humans and animals. In: SALAZAR, M. A.; ORTEGA, L. M. **Peppers: Nutrition, Consumption and Health**. New York, Nova Science Publishers. 2012. p.159-170.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Capsicum: pimentas e pimentões**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; RIBEIRO, C. S. da C. Cultivo de pimentas. In: RIBEIRO, C. S. da C.; LOPES, C. A.; CARVALHO, S. I. C. de; HENZ, G. M.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Pimentas Capsicum**. (Ed.). Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. p. 11-14.

RUFINO, J. L. S.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário**, 27: 7-15, 2006.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; JIMENEZ, J. P.; CALIXTO, F. D. S. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, 127: 1-4, 2007.

SADILOVA, E.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Z. **Naturforsch**, 61: 527-535, 2006.

SAPUCAY, M. J. L. C.; ARAUJO, E. R.; REGO, E. R.; RÊGO, M. M. Diversidade genética, importância relativa e correlação de caracteres quantitativos em pimenteiras. In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, Águas de Lindóia. 2009. **Anais**. Brasília: Horticultura Brasileira. 2009.ABH, p.1161-1168.

SCHNEIDER, C. D.; OLIVEIRA, A. R. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 10: 308-313, 2004.

SIES, H. Strategies of antioxidant defence. Review. **European Journal of Biochemistry**, 215: 213- 219, 1993.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, b-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, 62: 1315-1321, 1995.

SIMMONE, A. H.; SIMMONE, E. H.; EITENMILLER, R. R.; MILLS, H. A.; GREEN, N. R. Ascorbic acid and provitamin A contents in some unusually coloured bell peppers. **Journal of Food Composition and Analysis**, 10: 299–311, 1997.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMAN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Florianópolis: Editora da UFSC. 2007. 1102p.

SMITH, R. R.; MOREIRA, L. V. H.; LATRILLE, L. L. Characterization of dairy productive systems in the Tenth Region of Chile using multivariate analysis. **Agricultura Técnica**, 62: 35-395, 2002.

SOUSA, C.M.M.; SILVA, H.R.; VIEIRA-JR, G.M.; AYRES, M.C.C.; COSTA, C.L.S.; ARAÚJO, D.S.; CAVALCANTE, L.C.; BARROS, E.D.S.; ARAÚJO, P.B.M.; BRANDÃO, M.S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, 30: 351-355, 2007.

SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 260 p.

SOUZA, A. L. de. **Análise multivariada para manejo de florestas naturais: alternativas de produção sustentada de madeiras para serraria**. Curitiba, UFPR, 1989. 255 p. Tese (doutorado em manejo florestal).

SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; KARASAWA, M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, 23: 22-27, 2005.

SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of *Punus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 19: 63-68, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Art Med, 2013. 918p.

TONG, N.; BOSLAND, P. W. *Capsicum tovarii*, a new member of the *Capsicum baccatum* complex. **Euphytica**, 109:71-77, 1999.

TRABER, M. G. Cellular and molecular mechanisms of oxidants and antioxidants. **Mineral and Electrolyte Metabolism**, 23: 135-139, 1997.

VERA-GUZMÁN, A. M.; CHÁVEZ-SERVIA, J. L.; CARRILLO-RODRÍGUEZ, J. C.; LÓPEZ, M. G. Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. **Chilean Journal of Agricultural Research**, 71: 578-585, 2011.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33: 888-897, 2011.

WAGNER, C. M. **Variedade e base genética da pungência e dos caracteres do fruto: implicações no melhoramento de uma população de *Capsicum annuum* L.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003. 104p. Dissertação (Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas).

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal Plant Physiology**, 144: 307-313,1994.

ZHANG, D.; HAMAUZU, Y. Phenolic compounds, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant properties of green, red and yellow bell peppers. **Food Agriculture and Environment**, 2: 22-27, 2003.

## 7- ANEXO

Anexo 1. Identificação dos 78 genótipos de *Capsicum* avaliados do BAG da UNEMAT em relação a compostos bioquímicos com ação antioxidante.

Acesso	Identificação	Acesso	Identificação
UNEMAT 1	<i>C. annuum</i>	UNEMAT 110	<i>C. frutescens</i>
UNEMAT 2	<i>Capsicum</i> sp.	UNEMAT 112	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 8	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 113	<i>C. frutescens</i>
UNEMAT 9	<i>C. frutescens</i>	UNEMAT 114	<i>C. frutescens</i>
UNEMAT 10	<i>C. frutescens</i>	UNEMAT 115	<i>C. frutescens</i>
UNEMAT 15	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	UNEMAT 116	<i>C. annuum</i>
UNEMAT 17	<i>C. frutescens</i>	UNEMAT 117	<i>C. frutescens</i>
UNEMAT 27	<i>C. frutescens</i>	UNEMAT 118	<i>C. chinense</i>
UNEMAT 29	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 119	<i>C. chinense</i>
UNEMAT 30	<i>Capsicum</i> sp.	UNEMAT 121	<i>C. chinense</i>
UNEMAT 38	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 122	<i>Capsicum</i> sp.
UNEMAT 44	<i>C. frutescens</i>	UNEMAT 125	<i>C. chinense</i>
UNEMAT 46	<i>C. annuum</i>	UNEMAT 133	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 47	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	UNEMAT 134	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 49	<i>C. frutescens</i>	UNEMAT 135	<i>Capsicum</i> sp.
UNEMAT 51	<i>C. frutescens</i>	UNEMAT 138	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 57	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 140	<i>C. frutescens</i>
UNEMAT 58	<i>Capsicum</i> sp.	UNEMAT 141	<i>C. baccatum</i> var. <i>praetermissum</i>
UNEMAT 60	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 142	<i>C. chinense</i>
UNEMAT 62	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 143	<i>C. chinense</i>
UNEMAT 63	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 145	<i>C. chinense</i>
UNEMAT 65	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	UNEMAT 146	<i>C. chinense</i>
UNEMAT 66	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	UNEMAT 147	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 68	<i>C. frutescens</i>	UNEMAT 151	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 71	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 152	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 80	<i>Capsicum</i> sp.	UNEMAT 163	<i>C. annuum</i>
UNEMAT 81	<i>C. annuum</i>	UNEMAT 164	<i>C. chinense</i>
UNEMAT 84	<i>C. annuum</i>	UNEMAT 167	<i>C. annuum</i>
UNEMAT 85	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 169	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 88	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	UNEMAT 170	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 93	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 171	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 97	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 172	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 98	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 173	<i>Capsicum</i> sp.
UNEMAT 101	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 176	<i>C. Annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>
UNEMAT 103	<i>C. annuum</i>	UNEMAT 177	<i>C. annuum</i>
UNEMAT 104	<i>C. annuum</i>	UNEMAT 178	<i>C. frutescens</i>
UNEMAT 105	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	UNEMAT 179	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
UNEMAT 106	<i>C. chinense</i>	UNEMAT 181	<i>Capsicum</i> sp.
UNEMAT 108	<i>C. frutescens</i>	UNEMAT 183	<i>Capsicum</i> sp.