

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

MICHELE DE MORAIS

**Caracterização do potencial antioxidante e produtivo em *Capsicum*
spp. L. da UNEMAT, submetidos a diferentes doses de adubação
nitrogenada**

**CÁCERES
MATO GROSSO - BRASIL
JANEIRO – 2018**

MICHELE DE MORAIS

**Caracterização do potencial antioxidante, na coleção de trabalho de
Capsicum spp. L. da UNEMAT, submetidos a diferentes doses de
adubação nitrogenada**

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: Prof^a. Dra. Leonarda Grillo Neves

Coorientadora: Prof^a. Dra. Kelly Lana Araújo

CÁCERES
MATO GROSSO - BRASIL
JANEIRO – 2018

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

MORAIS, Michele De.

M827c Caracterização do Potencial Antioxidante e Produtivo em Capsicum Spp. L. da Unemat, Submetidos a Diferentes Doses de Adubação Nitrogenada / Michele De Moraes – Alta Floresta/ Cáceres/ Tangará da Serra, 2018.
54 f.; 30 cm.(ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Genética e Melhoramento de Plantas, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Multicampi, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018.

Orientador: Leonarda Grillo Neves

Coorientador: Kelly Lana Araújo

1. Produtividade. 2. Variabilidade Genética. 3. Compostos Bioativos. I. Michele De Moraes. II. Caracterização do Potencial Antioxidante e Produtivo em Capsicum Spp. L. da Unemat, Submetidos a Diferentes Doses de Adubação Nitrogenada : .

CDU 633.84

Caracterização do potencial antioxidante, na coleção de trabalho de *Capsicum* spp. L. da UNEMAT, submetidos a diferentes doses de adubação nitrogenada

MICHELE DE MORAIS

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: Prof^a. Dra. Leonarda Grillo Neves

Coorientadora: Prof^a. Dra. Kelly Lana Araújo

Aprovada em 16 de janeiro de 2018

Comissão examinadora



Prof. Dr. Milson Evaldo Serafim - IFMT



Prof. Dr. Marco Antonio Barelli - UNEMAT



Dr. René Arnoux da Silva Campos - UNEMAT



Prof. Dra. Leonarda Grillo Neves
(orientadora)

AGRADECIMENTO

A Deus pela dádiva da vida, por abençoar e iluminar cada trajeto alcançado até aqui. Restaurando a força, sabedoria, e proteção para prosseguir por um caminho árduo, porém, todos os dias se renovava a certeza de que com Ele iria vencer.

À Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela oportunidade de estar aperfeiçoando minha formação profissional. À Capes pela bolsa de estudos concedida durante parte do mestrado.

A minha orientadora Professora. Dra. Leonarda Grillo Neves e minha co-orientadora professora Dra. Kelly Lana Araújo por terem acreditado e dividido comigo parte de seu conhecimento e acima de tudo pela paciência e apoio de sempre durante o desenvolvimento da pesquisa, pelos ensinamentos tanto profissionais quanto pessoais, pois hoje afirmo que saio além de melhorista, um ser humano com outra visão e valores de tudo.

Ao Renê Arnoux da Silva Campos, que me auxiliou no desenvolvimento e entendimento durante toda a fase de laboratório. A todos os bolsistas de iniciação científica e voluntários do LMGV que participaram durante o desenvolvimento do projeto e que aturaram minhas oscilações de humor quando algo dava errado, vocês foram parte primordial para que esse trabalho tenha sido concluído. A toda equipe do laboratório de solos do IFMT, especialmente ao professor Dr. Milson Evaldo Serafim e a bolsista Paloma Emanuela Braga Martins que não mediram esforços para que esse projeto se desenvolvesse.

À minha família, amigas (os) que desde os mais distantes ou os mais próximos me deram força e palavras de conforto quando a carga parecia muito pesada. Aos meus eternos “patrões” Neimar Navaqui e Gisele Ignachewski que à quilômetros de distância me dão apoio, todo esse caminho se iniciou com vocês. As novas amizades conquistadas, e aos colegas de mestrado, agradeço a todos pelo apoio e por termos compartilhado os momentos de tristezas e alegrias que nos tornaram mais fortes.

A todos que diretamente ou indiretamente me ajudaram e conviveram comigo durante mais essa etapa da minha vida. Muito obrigada!!!

BIOGRAFIA

Michele de Moraes, nasceu no dia 31 de fevereiro de 1987, na cidade de Santa Helena - Paraná. Filho de Genoveva de Moraes e Celso de Moraes (*in memoriam*).

Concluiu o ensino médio no ano de 2004 na Escola Estadual de Ewaldo Meyer Roderjan e diplomou-se no ano de 2015 em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado de Mato Grosso, na cidade de Cáceres - MT. No terceiro ano de graduação foi bolsista PIBIC-FAPEMAT onde desenvolveu trabalhos de pesquisa na área de Ecologia, e foi voluntário por dois anos no Laboratório de Ecologia da Paisagem, no qual desenvolveu seu trabalho de conclusão de curso na área de ecologia, intitulado de Estrutura e distribuição espacial de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Calophyllaceae) em floresta inundável do Vale do Guaporé, Amazônia Mato-Grossense.

No ano de 2016, ingressou no Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela UNEMAT no *campus* de Cáceres, na área de melhoramento de plantas autógamas.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO.....	iii
BIOGRAFIA.....	iv
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	Erro! Indicador não definido.
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Origem e importância do gênero.....	12
2.2 Adubação nitrogenada em solanáceas.....	15
2.3 Estresse oxidativo e metabolismo secundário	17
2.3.1 Compostos fenólicos	18
2.3.2 Carotenoides	18
2.4 Interação genótipo x ambiente (G x E)	20
2.5 Análise discriminante canônica.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Área de estudo.....	22
3.2 Delineamento experimental.....	22
3.3 Coleção de trabalho	22
3.4 Adubação nitrogenada e obtenção das amostras.....	22
3.5 Avaliação de características morfoagronômicas.....	24
3.6 Análises bioquímicas	24
3.6.1 Determinação dos flavonoides e antocianinas	25
3.6.2 Determinação do licopeno e betacaroteno	25
3.6.3 Determinação dos polifenóis totais.....	26
3.6.4 Sequestro de radicais 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)	27
3.7 Análises estatísticas	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Produção vegetal	28
4.2 Análise discriminante canônica.....	37
4.3 Produção de compostos antioxidantes	38
4.3.1 Polifenóis totais	39
4.3.2 Carotenoides	43
4.4 Atividade antioxidante frente ao radical DPPH.....	44
5. CONCLUSÃO	45

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXOS	Erro! Indicador não definido.

RESUMO

MORAIS, MICHELE DE; M. Sc.; Universidade do Estado de Mato Grosso; Janeiro de 2018; Caracterização do potencial antioxidante, na coleção de trabalho de *Capsicum* spp. L. da UNEMAT, submetidos a diferentes doses de adubação nitrogenada; Orientadora: Leonarda Grillo Neves. Conselheiros: Marco Antônio Aparecido Barelli; Milson Evaldo Serafim; Renê Arnoux da Silva Campos.

Existem poucas pesquisas desenvolvidas acerca do potencial antioxidante de pimentas em relação à adubação nitrogenada. Assim, o presente estudo teve por objetivo caracterizar a produtividade e o potencial antioxidante em genótipos de *Capsicum* spp. L. submetidos a diferentes doses de adubação nitrogenada, visando agregar valor ao fruto e indicar potenciais genitores a programas de melhoramento. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com oito genótipos de *Capsicum* spp. e 11 doses de fertilização nitrogenada (0, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 mg/dm³), consistindo em 2 repetições com 1 planta cada e um total de 154 parcelas. Para a análise da interação genótipo x ambiente foi avaliado nove características de desenvolvimento e produtividade de *Capsicum* spp. Para as análises bioquímicas, 150 dias após o transplântio, os frutos maduros foram colhidos, macerados e armazenados em ultra freezer a -80° C, para posteriores análises dos compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas, carotenoides e atividade antioxidante (DPPH). Os dados foram submetidos a análise da variância, usando-se o teste “F” para interpretação do nível de significância e, quando significativo, foram ajustados a modelos de regressão para doses de nitrogênio. As crescentes doses influenciaram o desenvolvimento e a produtividade dos frutos de *Capsicum* spp., exceto para as variáveis NDF, NDM, DF. No entanto, houve interação apenas para as variáveis AP e DC. O genótipo UNEMAT 141 *C. annuum* var. *glabriusculum* destacou-se pela precocidade e maior NF. As variáveis relacionadas aos frutos explicam 43,8% de toda variabilidade existente entre os genótipos, com o genótipo 116 *C. annuum* produzindo maior biomassa de frutos. As diferentes concentrações entre os compostos antioxidantes foram em função da variabilidade entre as espécies, com o genótipo 141 (CF e DPPH) com maior atividade antioxidante. O genótipo 163 *C. annuum* apresentou altas concentrações de FL, AN, β C, LC, no entanto, baixa atividade antioxidante. Os genótipos 116, 141 e 163 da espécie *C. annuum*, apresentaram as melhores respostas frente a adubação nitrogenada e potencial antioxidante para a

maioria das variáveis analisadas, podendo assim serem indicados como potencial progenitores em programas de melhoramento.

Palavras-chave: produtividade; variabilidade genética; compostos bioativos.

ABSTRACT

MORAIS, MICHELE DE; M. Sc.; Mato Grosso University of State; January 2018; Characterization of antioxidant potential in the work collection of *Capsicum* spp. L. of UNEMAT, submitted to different doses of nitrogen fertilization; Advisor: Leonarda Grillo Neves. Counsellor: Marco Antônio Aparecido Barelli; Milson Evaldo Serafim; René Arnoux da Silva Campos.

There are a few research develop about the antioxidant potential of peppers in relation to nitrogen fertilization. Thus, the present study aimed to characterize the productivity and antioxidant potential of *Capsicum* spp. L. genotypes submitted to different doses of nitrogen fertilization, aiming to add value to the fruit and indicate potential parents to breeding programs. The experiment was conducted in a completely randomized design with eight genotypes of *Capsicum* spp. And 11 doses of nitrogen fertilization (0, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 mg / dm³), consisting of 2 replicates with 1 plant each and a total of 154 plots. For the genotype x environment interaction analysis, nine developmental and productivity characteristics of *Capsicum* spp. For the biochemical analyzes, 150 days after transplanting, the mature fruits were harvested, macerated and stored in an ultra-freezer at -80° C, for further analysis of phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins, carotenoids and antioxidant activity (DPPH). The data were submitted to analysis of variance, using the "F" test to interpret the level of significance and, when significant, were adjusted to regression models for nitrogen doses. Increasing doses influenced the development and productivity of fruits of *Capsicum* spp., Except for NDF, NDM, DF. However, there was interaction only for the AP and DC variables. The genotype UNEMAT 141 *C. annuum* var. *glabriusculum* was characterized by precocity and higher NF. The variables related to fruits explain 43.8% of all variability among genotypes, with the genotype 116 *C. annuum* producing more biomass of fruits. The different concentrations among the antioxidant compounds were in function of the variability between the species, with genotype 141 (CF and DPPH) with higher antioxidant activity. The genotype 163 *C. annuum* demonstrate high concentrations of FL, AN, β C, LC, however, low antioxidant activity. The genotypes 116, 141 and 163 of the *C. annuum* species presented the best responses against nitrogen fertilization and antioxidant potential for most of the analyzed variables and could therefore be indicated as potential progenitors in breeding programs.

Keywords: productivity; genetic variability; bioactive compounds.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado centro secundário de diversidade do gênero *Capsicum*, podendo-se encontrar uma ampla diversidade em todo país, com maior concentração de espécies, cultivo e uso nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste (Barboza et al., 2011). O gênero é constituído por aproximadamente 38 espécies, classificadas de acordo com os níveis de domesticação (domesticadas, semi-domesticadas e silvestres), dentre as quais, as comercialmente de maior importância são *Capsicum annum* L. (pimentão e pimentas doces), *Capsicum baccatum* L. (dedo-de-moça e cambuci), *Capsicum chinense* Jacquin. (pimenta de cheiro, bode, cumari-do-Pará, murupi) e *Capsicum frutescens* L. (malagueta) (Rufino e Penteado, 2006).

As pimentas e pimentões vem apresentando uma crescente demanda de cultivo e uso no Brasil e em outros países no mundo, e por conseguinte gerando consideráveis rendimentos financeiros devido as suas várias faces de uso (Viana, Freire e Parente, 2007). Classificadas entre as dez hortaliças mais consumidas no mercado brasileiro (Cezar et al., 2009), as pimentas do gênero apresentam importância econômica, biológica e cultural (Sudré et al., 2010). A alta diversidade encontrada em *Capsicum* contribui significativamente para o desenvolvimento de cultivares que apresentem características de maior interesse agrônomo, como resistência a doenças, adaptação a variações climáticas e alta produtividade (Bento et al., 2007).

Vários fatores como clima, sistema de cultivo, material genético, manejo da adubação, fenologia da planta e idade, afetam direta ou indiretamente o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente a produtividade (Lovato, 1993). Os fatores ligados ao solo influenciam tem alta importância ao desenvolvimento da planta, pois esta, retira do solo todos os nutrientes necessários para seu crescimento e formação de flores e frutos, dentre esses, o nitrogênio é um dos nutrientes que as culturas em geral requerem em maior demanda, e para *Capsicum* é um dos mais extraídos do solo (Marcussi, 2005).

O nitrogênio está presente em muitos componentes da célula vegetal, como aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e clorofila e tem uma relação direta com o aumento da parte aérea da planta, e conseqüentemente aumenta o potencial

fotossintético e a produtividade (Taiz e Zeiger, 2009). O nitrogênio na forma de nitrato é a fonte mais importante para o desenvolvimento das plantas, porém, é pouco absorvido pela planta devido à perda no solo por lixiviação, desnitrificação e outros processos (Lopes e Lima, 2015). Essas situações de estresse ao qual a planta é submetida possibilitam a ocorrência e de reações oxidativas, que em sua maioria, levam à formação de radicais livres, que causam danos ao organismo humano (Sikora et al., 2008). Essas reações oxidativas são estabilizadas por moléculas com capacidade antioxidante, que fornecem proteção contra os efeitos prejudiciais dos radicais livres e espécies reativas do oxigênio (ROS) (Ramalho e Jorge, 2006).

A utilização dos frutos de *Capsicum* vão desde a comercialização e o consumo in natura e em conservas, na indústria farmacêutica devido as propriedades com capacidade antioxidante. São excelentes fontes de vitaminas A e C, compostos fenólicos, especialmente os flavonoides, e carotenoides como β -caroteno e licopeno (Reifschneider, 2000).

Compostos fenólicos e carotenoides são grupos químicos cujas substâncias apresentam propriedades antioxidantes, que tem capacidade de absorver e neutralizar diferentes espécies de radicais livres (Degáspari, 2004). Assim, esses compostos são classificados como um dos principais componentes com potencial antioxidante presente em frutas e hortaliças e demais vegetais (Kuskoski et al., 2006).

Existem poucas pesquisas desenvolvidas acerca do potencial antioxidante dos frutos de pimentas em relação à adubação nitrogenada. Assim, o presente estudo teve por objetivo caracterizar a produtividade e o potencial antioxidante em genótipos de *Capsicum* spp. L. submetidos a diferentes doses de adubação nitrogenada, visando agregar valor ao fruto e indicar potenciais genitores a programas de melhoramento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e importância do gênero

O gênero *Capsicum* L. que compreende as pimentas e pimentões, atualmente é composto por cerca de 38 táxons classificados em categorias de acordo com o nível de domesticação, no qual cinco são táxons domesticados e os demais silvestres

(semidomesticadas e silvestres) (Rufino e Penteado, 2006). Originárias das Américas Central e do Sul (Castro et al., 2011), apresentam descrição taxonômica complexa devido à grande variabilidade observada nas espécies cultivadas e aos critérios utilizados quanto à sua classificação. É uma Angiospermae, Dicotyledonea, pertencente à divisão Spermatophyta, ordem Solanales, família Solanaceae, subfamília Solanoideae e tribo Solaneae (Viñals et al., 1996).

Descrito como sendo um importante centro de diversidade para pimentas *Capsicum*, o Brasil é detentor de ampla diversidade genética e é considerado centro secundário de espécies domesticadas como: *C. annuum* L., *C. pubescens* Ruiz e Pav., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq. e *C. frutescens* L. Dentre estas, apenas *C. pubescens* não é cultivada no Brasil (Reifschneider, 2000). Embora sejam cultivadas como anuais, existem espécies de *Capsicum* que são bienais e perenes (Bosland, 1996). Normalmente, são plantas arbustivas com caule resistente, com altura e forma que podem variar de acordo com o genótipo e condições de cultivo (Viñals et al., 1996).

Compostas de flores hermafroditas, as pimenteiras se reproduzem por autofecundação, porém, apresentam níveis de polinização cruzada intra e interespecíficos com variação de 2 até 90% (Tanksley, 1984). Em espécies domesticadas, o estigma se encontra na mesma altura das anteras facilitando a autopolinização, enquanto que em espécies silvestres geralmente ultrapassa as anteras possibilitando a fecundação cruzada (Casali e Couto, 1984).

A alta variabilidade encontrada no gênero *Capsicum* viabiliza os vários segmentos de produtos e subprodutos originados a partir dos frutos de pimentas e pimentões e que conseqüentemente, tem acarretado no aumento da demanda de mercado (Bento et al., 2007). No mundo, apesar da complexidade em estimar os dados de produção, principalmente devido ao fato das várias formas de uso e consumo, a produção de pimentas registrada em 2010 foi cerca de 30,6 milhões de toneladas em 3,8 milhões de hectares.

Para o ano de 2011, as regiões de cultivo abrangiam uma área em torno de 64% no continente asiático de toda a área cultivada, com a China, Indonésia, Turquia e Coréia relatadas como as principais áreas de cultivo, logo, fazendo dessa região a maior produtora mundial de pimenta (FAOSTAT, 2013). O continente americano é a segunda região com maior produção de pimentas, com cerca de 13% do total mundial produzido principalmente nos Estados Unidos e México (FAOSTAT, 2012). A Europa,

África e Oriente Médio são responsáveis por 4% da área cultivada no mundo (Rufino e Pentead, 2006). No ano de 2009 a produção mundial de *Capsicum* foi cerca de 31,44 milhões de toneladas distribuídos em aproximadamente quatro milhões de hectares gerando uma média de 16,6 t/ha de produtividade (Domenico, 2011).

No Brasil, a produção de hortaliças tanto para comercialização como para subsistência possui um papel importante para a agricultura familiar (Faulin e Azevedo, 2003). O agronegócio voltado à cultura da pimenta e pimentão atualmente, representa importante parcela na produção de olerícolas e importância socioeconômica no país, através da integração dos pequenos produtores no mercado e geração de emprego através da contratação de mão-de-obra temporária (Ribeiro e Reifschneider, 2008).

Pinto e Martins (2011) relatam uma estimativa de que cada hectare cultivado possa gerar de quatro a cinco empregos de mão-de-obra durante o processo produtivo, com aumento durante a época de colheita. No mesmo ano, foram cultivados em todo estado de Minas Gerais aproximadamente 1.140 hectares com vários tipos de pimenta com uma produção de 1.982 toneladas, destinadas tanto para o consumo in natura quanto para a fabricação de molhos e conservas.

Dados do último censo realizado no Brasil apontam que o cultivo de pimentas correspondeu a uma produção anual em torno de 300 mil toneladas em todo território nacional (IBGE, 2006). Moura et al. (2013) relataram que a estimativa de produção no país para os anos seguintes seria cerca de 75 mil toneladas de pimentas em uma área de aproximadamente cinco mil hectares e produtividade média de 15 t/ha. Entretanto, ainda é considerado como um mercado secundário em relação a outras hortaliças devido ao baixo consumo e comercialização. Apesar disto, houve crescimento significativo no consumo das pimentas nos últimos anos, tendo como os principais estados produtores Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará, Rio Grande do Sul, Bahia e Sergipe.

O aumento da demanda pelo produto tem impulsionado a expansão da área de cultivo e unidades de processamento, fortalecendo o agronegócio de pimentas. Parte da produção é exportada em formas de conservas ornamentais, pastas, páprica e desidratada. O produto fresco ou em conserva são comercializados em maior quantidade no mercado interno. A produção e consumo de pimentas no país são influenciados pelos hábitos alimentares e preferências de cada região, o consumo varia de acordo com características como cor e sabor dos frutos (Reifschneider, 2000).

A comercialização vem se solidificando na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética, e as pimentas dos tipos dedo-de-moça, cambuci, cumari-do-pará, pimenta-de-cheiro, murupi, bode, biquinho e malagueta estão entre as mais cultivadas (Embrapa Hortaliças, 2007). O cultivo de pimentas está entre uma das fontes de renda para pequenas propriedades familiar brasileira com destaque para o estado de Minas Gerais (Pinto e Martins, 2011), e apresentam elevado potencial nutricional devido à presença de compostos como: proteínas, minerais, glicídios, vitaminas, lipídios, água e fibras e compostos com atividade antioxidante (Reifschneider, 2000).

Os compostos antioxidantes são produzidos naturalmente pelo metabolismo da planta e utilizados para sua sobrevivência e são essenciais à dieta do homem. Sua concentração no tecido vegetal é fortemente influenciada pela deficiência ou excedente de nitrogênio presente no solo, devido a alta mobilidade deste nutriente (Taiz e Zeiger, 2004). O nitrogênio está entre os nutrientes mais importantes para as pimenteiras, pois influencia no crescimento e desenvolvimento das plantas e frutos (Aragão et al., 2012).

2.2 Adubação nitrogenada em solanáceas

O nitrogênio (N) está entre os elementos químicos indispensáveis para que as plantas sintetizem compostos indispensáveis ao seu desenvolvimento, pois é encontrado na constituição das mais importantes biomoléculas, como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e algumas enzimas (Taiz e Zeiger, 2013). Cerca de 78% do nitrogênio presente na superfície terrestre encontra-se indisponível aos vegetais (Lopes e Lima, 2015). Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (Shridhar, 2012).

O nitrogênio tem influência sobre o teor de clorofila nos vegetais devido à deficiência deste no solo, onde a planta danifica as moléculas de clorofila para translocar o N para as regiões aéreas, acarretando em cloroses foliares (Furlani Junior et al., 1996). A presença do nitrogênio em diversos componentes celulares tem influência direta também na taxa de crescimento da planta.

Em solanáceas como os tomateiros, a deficiência de N acarreta o lento crescimento da planta, caule fino, menor desenvolvimento das folhas e redução na qualidade dos frutos (Fontes e Araújo, 2007). Essa carência ainda estimula a síntese

de polifenóis, que atuam como inibidores dos hormônios reguladores de crescimento, em contrapartida, o aumento da dose sem causar fitotoxidez na planta, contribui para o maior desenvolvimento do tomateiro, contribuindo para o aumento da massa seca, da altura da planta, para o aumento e qualidade do florescimento, frutificação e produtividade (Ferreira et al., 2010).

As plantas têm em sua composição aminoácidos que são moléculas orgânicas que possuem nitrogênio, carbono, hidrogênio e oxigênio (Buchanan et al., 2000). Os aminoácidos que melhor são sintetizados pela planta são o glutamato, glutamina e aspartato, o glutamato é o principal aminoácido, pois é o primeiro a incorporar o nitrogênio absorvido pela planta (Taiz e Zeiger, 2013). De modo geral, os aminoácidos desempenham diferentes papéis nas plantas, podem atuar como agentes redutores de estresse, fonte de nitrogênio e precursores hormonais (Maeda e Dudareva, 2012).

O manejo do N na adubação é complexo, devido a sua importância e capacidade de mobilidade no solo, principalmente nas formas de amônia e nitrato. Em trato adequado, deve-se respeitar os estádios de crescimento e absorção de nutrientes da cultura (Oliveira et al., 2013). A quantidade de nutrientes encontrada em tecidos vegetais depende de fatores como o sistema de cultivo, material genético, manejo da adubação, estágio fenológico da planta, idade, tamanho e posição da folha (Mello, 2010).

Em grande parte dos sistemas de cultivo em ambiente protegido usa-se a técnica da fertirrigação, pois assim a quantidade de nutrientes não será o fator limitante na nutrição de hortaliças cultivadas. O microclima desses ambientes influencia na absorção e distribuição dos nutrientes minerais, e avaliar a interação entre nutrição e ambiente é fundamental para obtenção da produtividade da cultura desejada (Adams, 1994).

Para *Capsicum*, há trabalhos sobre crescimento e acúmulo de nutrientes em condições de campo e ambiente protegido. Nesses, os resultados de produtividade obtidos (Charlo et al., 2012 – 97,3 t/ha⁻¹; Fontes et al., 2005 – 52,8 t/ha⁻¹) diferenciam-se em decorrência dos fatores acima descritos que afetam o acúmulo de matéria seca e nutrientes pelas culturas (Paulino, 2016).

2.3 Atividade antioxidante

O estresse oxidativo em espécies vegetais tem como causa principal o desequilíbrio entre a produção e a eliminação de espécies reativas de oxigênio (ROS), reduzindo a fixação biológica de nitrogênio e a fotossíntese. Os níveis de espécies reativas de oxigênio devem ser controlados através da ação de um mecanismo de defesa, composto por substâncias antioxidantes (Becana et al., 2010).

Estresses ambientais como alta luminosidade, déficit hídrico, metais pesados, temperatura elevada, radiação ultravioleta, herbicidas, podem contribuir com a produção das ROSs (Mallick e Rai, 1999). Por meio da respiração aeróbica, fotossíntese e fotorrespiração, as ROS são produzidas principalmente nas mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos (Foyer e Shigeoka, 2011), e atuam como mediadoras de diversas reações bioquímicas nas células vegetais, sendo, portanto, consideradas essenciais ao metabolismo celular (Barbosa et al., 2010).

A superprodução de ROS – moléculas altamente reativas e tóxicas, danificam proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA, resultando em estresse oxidativo. As defesas antioxidantes nas plantas protegem as plantas contra os danos causados pelo estresse oxidativo. As plantas possuem sistemas de defesa antioxidantes enzimáticos (superóxido dismutase, ascorbato peroxidase, glutathione redutase, peroxidases, catalase e polifenoloxidase) e não enzimáticos (ácido ascórbico, glutathione, compostos fenólicos, alcaloides, aminoácidos não proteicos, α -tocoferol e carotenoides, que trabalham em conjunto para controlar as reações descontroladas de oxidação e proteger as células vegetais do dano oxidativo pela eliminação de ROS (Gill e Tuteja, 2010).

Nos vegetais, o aumento da ROS causa a toxidez danos na membrana celular e proteínas (Smirnoff, 1993). A planta sob condições de estresse pode favorecer a produção de ROS e/ou ativar mecanismos de eliminação destes radicais. Dentre os mecanismos mais importantes está o sistema antioxidante, principalmente os compostos fenólicos que pode ser ativado em resposta a diversos fatores como: estresse hídrico e por adubação, em falta ou excesso (Yamamoto et al., 1998). A ativação desse sistema tem como enzima reguladora dos compostos fenólicos a fenilalanina amonialiase (PAL), e é a enzima responsável por desencadear a biossíntese dos flavonoides (Bonas e Lahaye, 2002).

Os metabólitos secundários, como os compostos fenólicos e flavonoides, apresentam diversidade de compostos orgânicos. Não associados aos processos respiratórios e fotossintéticos, apresentam baixo peso molecular e, contrário aos metabólitos, são encontrados em baixas concentrações e em grupos distintos de plantas. Esses metabólitos secundários, devido a sua capacidade antioxidante, têm a capacidade de retardar ou inibir a oxidação (Berg e Lubert, 2008). Os frutos de pimenta do gênero *Capsicum* são fonte de diversos compostos, como vitaminas C e E, compostos fenólicos e carotenoides (Reifschneider, 2000).

2.3.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos, detectados em abundância em frutas e vegetais, são metabólitos secundários que podem ser pigmentos, e normalmente, tem função de defesa da planta contra estresses ambientais como ataque de herbívoros e patógenos, atuam ainda como atrativos para animais polinizadores e agentes redutores de radicais livres (Taiz e Zeiger, 2004). Estes são pertencentes a uma classe de substâncias químicas, derivadas da tirosina e fenilalanina, na qual são encontrados os flavonoides (antocianinas, flavonóis, flavanóis e isoflavonas) e não flavonoides (ácidos fenólicos) (Angelo e Jorge, 2007).

Esses compostos possuem ação antioxidante por ter em sua constituição radicais intermediários estáveis, balanceando assim os radicais livres (Brand-Williams et al., 1995). O acúmulo de substâncias com propriedades fenólicas em plantas submetidas ao estresse pode ocorrer devido ao aumento da atividade da enzima PAL (fenilalanina amonialiase), que desencadeia a de outras enzimas como polifenol oxidase (PPO) e peroxidases que atuam na defesa das plantas (Gaspar et al., 1985).

Os compostos fenólicos apresentam, em sua estrutura, vários grupos benzênicos característicos (Hernández e Prieto Gonzáles, 1999), e devido a sua ampla diversidade, dividem-se em flavonoides (polifenóis), e não-flavonoides (fenóis simples ou ácidos) (Rice-Evans et al., 1996). Os flavonoides abrangem uma grande variedade de frutas e vegetais nas formas de flavonóis, flavonas, flavanonas, catequinas, antocianinas, isoflavonas e chalconas (Van Acquire, 1996).

2.3.2 Carotenoides

O Brasil, em seu amplo território e clima favorável, é um excelente produtor de carotenoides devido a sua ampla diversidade vegetal, assim sendo considerado um dos países mais ricos do mundo em recursos de carotenos, que englobam os carotenoides (Rodrigues-Amaya, 2008).

Os carotenoides são compostos naturais responsáveis pela pigmentação dos vegetais, são sintetizados principalmente na etapa de maturação, pois nessa fase há a transformação dos cloroplastos em cromoplastos, ocasionando a redução de clorofilas e conseqüentemente a síntese dos carotenoides (Giuffrida et al., 2013). Encontrados em abundância na natureza, apresentam variadas estruturas químicas e funções, são micronutrientes ($\mu\text{g/g}$) bioativos benéficos à saúde, e alguns deles apresentam atividade pró-vitáminica A (Rodrigues-Amaya, 2008).

O beta-caroteno e o licopeno estão entre os principais carotenoides, e contribuem para aproximadamente para 90% dos carotenoides encontrados no organismo humano, e são responsáveis pelas características comercializáveis como cor, textura e aroma (Paula et al, 2004).

O beta-caroteno é um pigmento encontrado nas membranas celulares de todas as plantas, inclusive nos lipossomos (Machlin e Bendich, 1987). É um dos principais carotenoides, pois devido a sua rápida absorção no organismo, permite que este sirva de carreador da vitamina A. Sua ação antioxidante é em função da redução da formação do oxigênio singlet in vivo e no auxílio à remoção daqueles já formados (Halliwell e Gutteridge, 1989).

O licopeno é um carotenoide acíclico, que caracteriza a coloração vermelha em frutos e vegetais, e sua estrutura permite o desenvolvimento de outras substâncias por meio reações de hidrogenação, ciclização ou oxidação (Clinton, 1998). O licopeno não possui atividade pró-vitamina A, todavia, tem ação antioxidante duas vezes melhor que o beta-caroteno, devido a sua alta concentração nos frutos e resistência ao calor (Pelissari et al., 2008).

Os vegetais, fungos e bactérias tem a capacidade de biossintetizar os carotenoides, e formar pequenas quantidades de precursores e derivados, formando uma composição complexa e variável. Os animais são incapazes de biossintetizar os carotenoides, necessitando assim da ingestão de alimentos para sua obtenção. Os alimentos podem apresentar os carotenoides qualitativa e quantitativamente na sua composição. As hortaliças verdes de modo geral possuem um perfil qualitativo, no qual a luteína, o β -caroteno, a violaxantina e a neoxantina são os principais

carotenoides, esses, apresentam em constante proporção, porém, em concentrações instáveis (Rodrigues-Amaya, 2008).

Contrário aos vegetais folhosos, as frutas e os frutos de hortaliças apresentam a composição de carotenoides mais complexa, e a quantidade observada varia de espécie para espécie. Podem ser encontrados níveis insignificantes de carotenoides, licopeno em quantidade expressiva, predominância de β -caroteno (Rodriguez-Amaya et al., 2008).

Em frutos de *Capsicum* os principais carotenoides encontrados, predominantemente em frutos vermelhos, o beta-caroteno e capsantina (Machlin e Bendich, 1987). Já em frutos amarelos são observados teores de luteína, α e β -caroteno, os compostos anteraxantina, capsantina e zeaxantina (Giuffrida et al., 2013).

2.4 Interação genótipo x ambiente (G x E)

O comportamento dos genótipos em função do ambiente ao qual estão localizados é denominado como interação genótipo x ambiente (G x E) (Faria et al., 2009). Assim, se houver interação, haverá diferentes resultados de um ambiente para outro, que podem ir desde mudanças na posição relativa dos genótipos ou na amplitude das suas diferenças (Falconer e Mackay, 1996). Essa variação nas respostas, quando observada, é um fenômeno das espécies (Eberhart e Russell, 1966).

Há dois fatores que determinam a interação G x E: simples e complexo. O fator simples dá-se pelas diferenças obtidas entre os genótipos nos ambientes e o complexo ocorre quando há a falta de correlação entre genótipos. Este último fator pode ser indicador de inconsistência na superioridade de genótipos com a variação ambiental, dificultando a seleção e recomendação desses materiais (Cruz et al., 2012).

Estudos acerca da interação G x E são importantes para os melhoristas devido as diferentes respostas entre os genótipos de acordo com a mudança do ambiente, pois permitem a recomendação de determinadas cultivares a cada região com alto ganho de seleção (Scapim et al., 2010). Estatisticamente a interação pode ser observada por meio de análises conjuntas de variância, da repetição do

experimento em diferentes ambientes para a avaliação dos diferentes genótipos (Morais et al., 2008).

O estudo do rendimento possibilita a seleção de genótipos superiores quando há interação e essa seja significativa. A ausência de interação pode indicar a baixa diversidade para o fator em questão, assim como para a interação entre potencial antioxidante e diferentes níveis de adubação nitrogenada, onde as diferentes dosagens podem influenciar nos compostos antioxidantes, visto que esses são observados em maior ocorrência quando a planta se encontra sob alguma situação de estresse. Desse modo, a identificação dos genótipos com estabilidade e desempenho em submetidos a ambientes diferentes, auxiliaria no entendimento dos fatores que influenciam a interação G x E (Melo et al., 2006).

2.5 Análise discriminante canônica

A análise discriminante canônica (ADC) é uma técnica multivariada que tem por finalidade classificar a observação em grupos e apontar a importância relativa de cada variável para distinção entre os grupos formados (Lix e Sojobi, 2010). Fisher (1936) foi o primeiro a usar a técnica, daí o nome como é conhecida - análise discriminante de Fisher ou análise variável canônica (Everitt, 1978).

Geralmente a ADC é utilizada para determinar e discriminar de maneira clara os indivíduos de estudo em dois ou mais grupos, considerando as medidas quantitativas das variáveis desses indivíduos, desse modo mantém uma mínima variação dentro dos grupos (Cruz-Castillo et al., 1994). A ADC pode ser aplicada quando os dados apresentam uma matriz de covariância, ou seja, a matriz possui uma variável comum de variância (Mikkonen et al., 2006). E também é indicada em casos, nos quais os dados de repetição caracterizam-se por falta de observações e/ou situações de desequilíbrio com os dados coletados repetidamente em duas ou mais variáveis (Lix e Sojobi, 2010).

Ariyo et al. (2011) utilizou a ADC com o intuito de avaliar por meio da função discriminante, o desenvolvimento e produtividade de *C. annuum* testando genótipos saudáveis e doentes baseados em atributos de crescimento avaliados por agricultores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

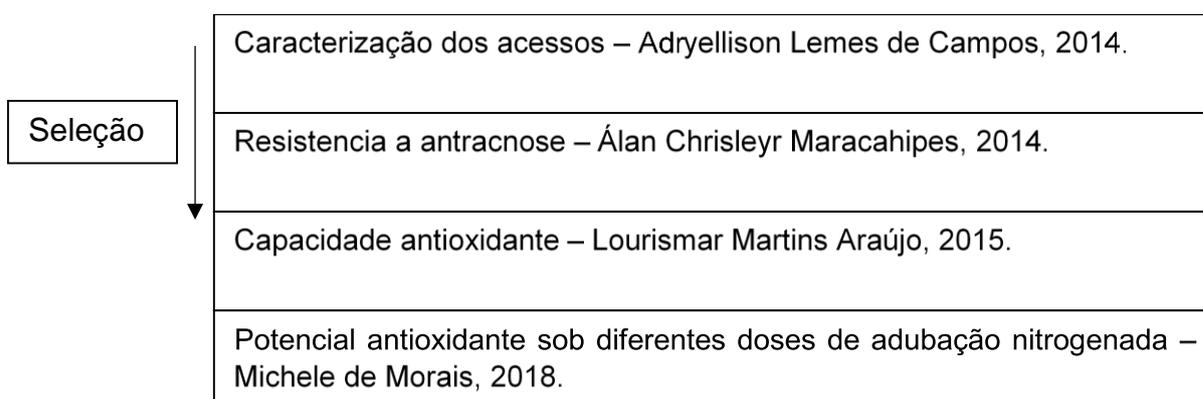
O estudo foi realizado no Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Cáceres, sob as coordenadas 16°12'9" S e 57°6'17" O, em ambiente controlado de casa de vegetação.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com oito genótipos de *Capsicum* spp. e 11 doses de fertilização nitrogenada (0, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 mg/dm³). Totalizando 154 parcelas, com duas repetições com 1 planta cada.

3.3 Coleção de trabalho

Os genótipos *Capsicum frutescens* (17 e 113), *C. chinense* (39 e 118), *C. annuum* var. *glabriusculum* (141), *C. annuum* (66, 116 e 163) utilizados são provenientes de seleções anteriores obtidos por meio do estudo de divergência genética em relação a alta atividade antioxidante e a resistência à antracnose.



3.4 Adubação nitrogenada e obtenção das amostras

Os genótipos foram semeados em bandejas de polietileno com 128 células contendo substrato comercial Plantimax®, ao atingirem cerca de 10 centímetros de

altura foram transplantadas para vasos de polietileno com 5 dm³ de solo. A umidade do solo foi mantida ente 65-55% do volume total de poros. Os tratos culturais foram segundo a recomendação para o cultivo da soja em casa de vegetação, de acordo com Novais, Neves e Barros (1991).

O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), na camada arável de 0-0,2m. Os atributos físico-químicos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo utilizado no experimento.

pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T
H ₂ O	----- mg/dm ³ -----			----- cmol _c /dm ³ -----						
4,91	2,2	36	1,15	1,15	0,35	0,20	3,8	1,59	1,79	5,39
V	M	MO	P-rem	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn	
----- % -----	----- dag/kg -----		----- mg/L -----	----- mg dm ³ -----						
26,5	11,2	0,39	45,9	1,8	0,05	0,46	36,0	35,9	0,46	

pH – relação 1:2,5; SB: soma de bases trocáveis; t: capacidade catiônica efetiva; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: índice de saturação por bases; m: índice de saturação por alumínio; P-rem: fósforo remanescente.

As adubações foram realizadas uma vez por mês durante os meses de junho a dezembro de 2016, em sete aplicações de nitrogênio na forma de nitrato de amônio (NH₄NO₃), e feito duas soluções de 2L, na qual a primeira tinha massa de 1,2 g de nitrato de amônio para as dosagens de 1 a 16, e a segunda 38,44 g de massa para as dosagens de 32 a 512. As doses utilizadas correspondem a 0,44 a 204,8 Kg de nitrogênio por hectare.

Tabela 2. Classificação das 11 doses de nitrato de amônio em mL.

Solução 2L – 1,2 g Nitrato de amônio (NH ₄ NO ₃)					
Doses	2	3	4	5	6
mL	5	10	20	40	80
Solução 2L – 38,44 g Nitrato de amônio (NH ₄ NO ₃) ₂					
Doses	7	8	9	10	11
mL	5	10	20	40	80

Após 170 dias do transplante, os frutos maduros foram colhidos, macerados em nitrogênio líquido e armazenados em congelador a -80°C até o momento das análises bioquímicas.

3.5 Avaliação de características morfoagronômicas

Para análise da interação genótipo x ambiente foi avaliado nove características de desenvolvimento e produtividade da planta:

Altura de planta - AP (mm) - mensurada com trena metálica na maior altura da planta;

Diâmetro do colo - DC (mm) – obtido por uma medida por parcela no final do experimento;

Número de dias para o florescimento - NDPF – obtido por meio de dias após a implantação do experimento, sendo um único dado por parcela correspondente a primeira flor;

Número de dias para maturação - NDPM - obtido por meio de dias após a implantação do experimento, sendo um único dado por parcela correspondente ao primeiro fruto maduro;

Número de frutos - NF - foi obtido por meio da soma do número total de frutos colhidos em cada planta da parcela durante as colheitas;

Diâmetro do fruto - DF (mm) – obtido por meio de mensuração de 5 frutos por parcela com auxílio de paquímetro digital;

Comprimento do fruto - CF (mm); obtido por meio de mensuração de 5 frutos por parcela com auxílio de paquímetro digital;

Massa fresca do fruto – MFF (g/planta) - obtido por meio da soma dos pesos dos frutos colhidos em cada planta da parcela durante as colheitas;

Massa seca do fruto – MSF (g/planta) - obtido por meio da soma dos pesos dos frutos colhidos e secados em estufa em cada planta da parcela durante as colheitas.

3.6 Análises bioquímicas

Sete genótipos de *Capsicum* foram analisados bioquimicamente: *C. frutescens* (17 e 113), *C. chinense* (39 e 118), *C. annuum* var. *glabriusculum* (141), *C. annuum* (116 e 163) no laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, da

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) campus Cáceres, durante o mês de julho de 2017.

Todos os reagentes de alta qualidade foram adquiridos da Sigma-Aldrich (Brasil), Vetec (Vetec/Sigma-Aldrich, Brasil) e Tedia (Brasil). As soluções aquosas foram preparadas com água ultrapura. As avaliações espectrofotométricas foram feitas em espectrofotômetro Biochrom libra UV/Vis S80. As análises foram realizadas em triplicata.

3.6.1 Determinação dos flavonoides e antocianinas

Os teores de flavonoides e antocianinas foram determinados segundo Francis (1982). Amostras frescas (200 mg) foram extraídas com 1 ml de etanol acidificado (EtOH PA e HCl 1,5 M 85:15 v/v). Os extratos foram vigorosamente agitados em vortex por 1 min e banho ultrassom por 30 min e depois centrifugados a 14000 rpm por 10 min a 0°C. A extração foi repetida duas vezes e os sobrenadantes combinados.

As absorvâncias foram medidas a 374 e 535 nm em espectrofotômetro, contra um branco etanol acidificado. Os teores de flavonoides e antocianinas foram determinados segundo as equações:

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

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

Onde:

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

FD (fator de diluição) - obtido utilizando a massa em gramas dividida pelo volume de diluição. O resultado foi expresso em mL/100g.

3.6.2 Determinação do licopeno e betacaroteno

Os teores de licopeno e betacaroteno foram determinados segundo Nagata e Yamashita (1992). As amostras frescas (200 mg) foram extraídas com 4 ml de acetona e 6 ml hexano. A mistura foi homogeneizada no turrax. Após a separação da amostra, o sobrenadante foi coletado e as absorvâncias foram medidas a 663 nm,

645 nm, 505 nm e 453 nm em espectrofotômetro. Os teores de licopeno e betacaroteno foram determinados segundo a equação:

$$\text{Licopeno} = -0,0458 \cdot A_{663} + 0,204 \cdot A_{645} + 0,372 \cdot A_{505} - 0,0806 \cdot A_{453}$$

$$\beta - \text{caroteno} = 0,216 \cdot A_{663} - 1,22 \cdot A_{645} - 0,304 \cdot A_{505} + 0,452 \cdot A_{453}$$

3.6.3 Determinação dos polifenóis totais

Os teores de polifenóis totais foram determinados segundo Swain e Hills (1959) com adaptações. Amostras frescas (500 mg) foram extraídas com 1 ml de etanol PA. As amostras foram vigorosamente agitadas em vortex por 1 min e banho ultrassom por 30 min. O material foi centrifugado a 14000 rpm por 10 minutos a 0°C. A extração foi repetida duas vezes, substituindo o etanol por metanol e metanol acidificado (metanol PA e solução de HCl 1%). Os extratos foram misturados com solução de Folin Ciocalteau 10% e carbonato de sódio 20%. Após 60 min em repouso em ambiente escuro, a absorvância foi medida a 750 nm em espectrofotômetro. Uma curva de calibração de ácido gálico (Figura 1) foi utilizada e os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG).

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

$$FT = \frac{(\text{leitura (mg.L}^{-1}) - 1)/10}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

Onde:

Leitura (750 nm) é a concentração de ácido gálico obtida na curva de calibração, referente à absorvância lida para a amostra. O resultado foi expresso em mg EAG/100 g polpa.

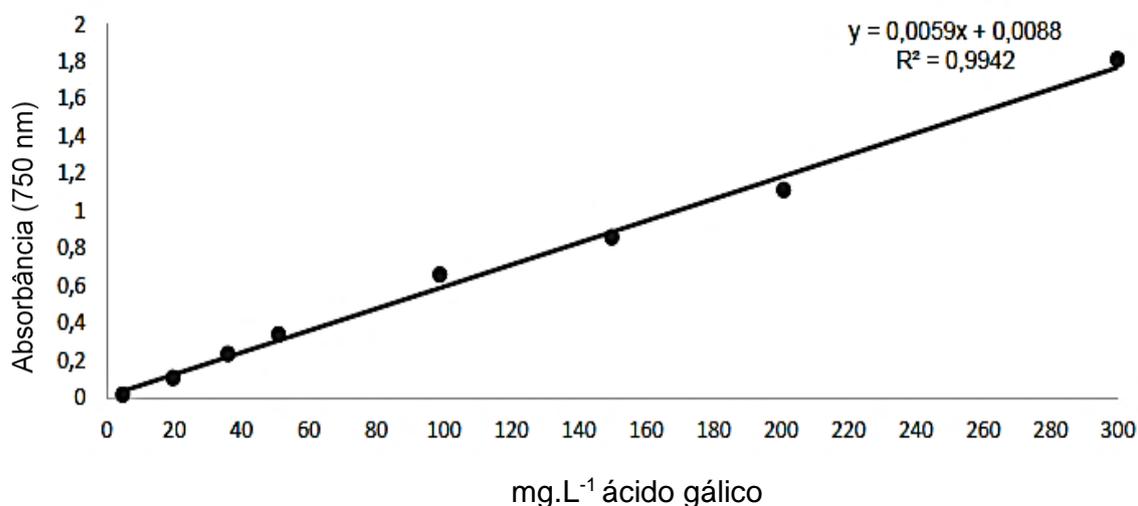


Figura 1. Curva de calibração em equivalente de ácido gálico em mg.L⁻¹

3.6.4 Sequestro de radicais 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)

A capacidade de sequestrar radicais livres DPPH foi determinada segundo Rufino et al. (2007). Os extratos de massa fresca (100 µl) descritos na seção 2.2.3 foram misturados com 3,9 ml da solução etanólica de DPPH (60 µM). Após 60 min em repouso em ambiente protegido da luz, a absorbância foi medida a 515 nm em espectrofotômetro. Uma curva de calibração de ácido ascórbico foi utilizada e os resultados foram expressos em equivalentes de ácido ascórbico (EAA).

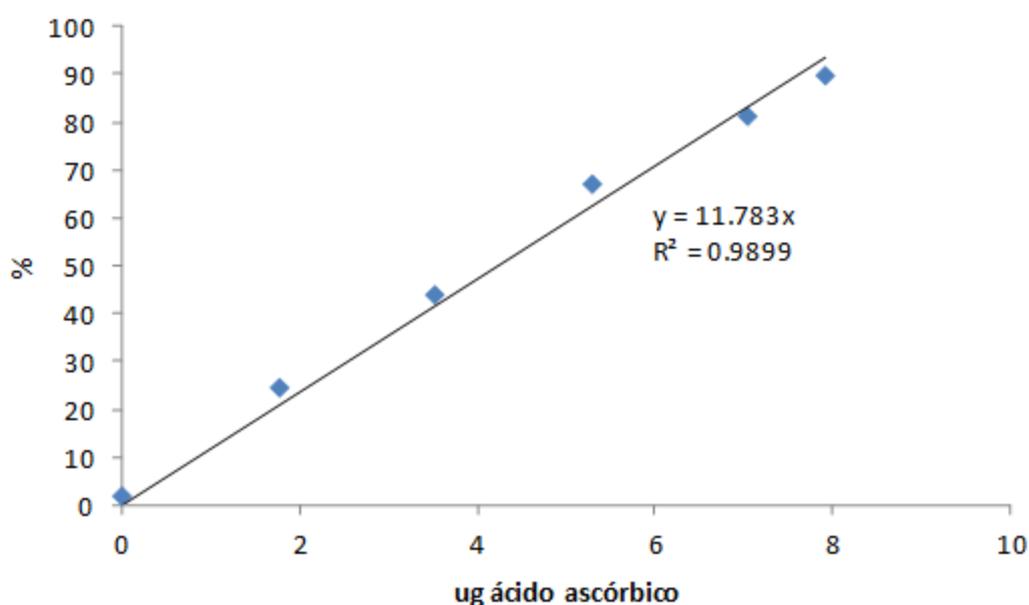


Figura 2. Curva de calibração em equivalente de ácido ascórbico em mg.L⁻¹

3.7 Análises estatísticas

Para interpretação dos resultados utilizou-se a análise da variância, usando-se o teste “F” para interpretação do nível de significância e, quando significativo, foram ajustados a modelos de regressão para doses de nitrogênio.

A Análise Discriminante Canônica (ADC) foi utilizada para verificar quais caracteres morfoagronômicos de *Capsicum* spp. foram os mais importantes por meio da relação entre grupos caracteres e os tratamentos através de combinações lineares das variáveis com intuito de maximizar a distância entre grupos.

Todas as análises foram feitas utilizando o software estatístico R 3.4.1 (RDCT, 2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção vegetal

Os resultados da ANOVA demonstraram que os genótipos influenciaram todas as características de produção e desenvolvimento das pimentas *Capsicum* spp. avaliadas no presente estudo (Tabela 1). A altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), número de dias para florescimento (NDF), número de dias maturação (NDM), número de frutos (NF), comprimento dos frutos (CF), massa fresca (MF), massa seca (MS) foram influenciadas significativamente pelos genótipos. Quanto à adubação nitrogenada, apenas NDF, NDM e DF não foram afetados. Os fatores genótipo e nitrogênio interagiram significativamente para AP e DC.

Tabela 1. Resumo da ANOVA das nove variáveis quanto ao fator genótipo, adubação nitrogenada e a interação entre eles.

	Genótipos	Adubação N	G x N
Altura da planta	63,6764***	38,0797***	5,6727***
Diâmetro do colo	12,5335***	26,2327***	1,8486*
Nº dias para florescimento	52,7103***	0,0787 ^{ns}	0,8165 ^{ns}
Nº dias para maturação	21,2499***	0,5266 ^{ns}	0,2543 ^{ns}
Número de frutos	58,8438***	33,8195***	1,3503 ^{ns}
Comprimento dos frutos	95,9964***	3,7795*	1,5030 ^{ns}
Diâmetro dos frutos	94,2446***	2,2768 ^{ns}	1,2614 ^{ns}
Massa fresca	25,4113***	25,4950***	1,2106 ^{ns}
Massa seca	21,1253***	29,3713***	1,2739 ^{ns}

*** significativo ao nível de 0,001%; * significativo ao nível de 0,5%; ^{ns} não significativo.

Os genótipos UNEMAT 116 e 118 apresentaram resposta positiva significativa às doses de N para AP (Figura 3), nestes genótipos, as médias de AP foram de 133,2 cm e 69,3 cm na dose máxima de 204,8 e 0,4 kg.ha⁻¹ respectivamente. Não foi observado um ponto de máxima resposta para os genótipos, indicando a necessidade de novos estudos para definir o nível crítico de N para esta variável resposta. Os demais genótipos apresentaram médias inferiores, com menor altura apresentada pelo genótipo 141 (*C. annunn* var. *glabriusculum*) com 29,5 cm na dose 102,4 kg/ha⁻¹.

A diversidade encontrada em características relacionadas à morfologia da planta são de extrema importância em programas de melhoramento visando o desenvolvimento de cultivares com porte ornamental pois, plantas com menor porte e com boa relação entre altura da planta e diâmetro da copa apresentam características como, tamanho de folhas e frutos proporcionais, que são mais agradáveis ao consumidor (Pinto et al., 2010).

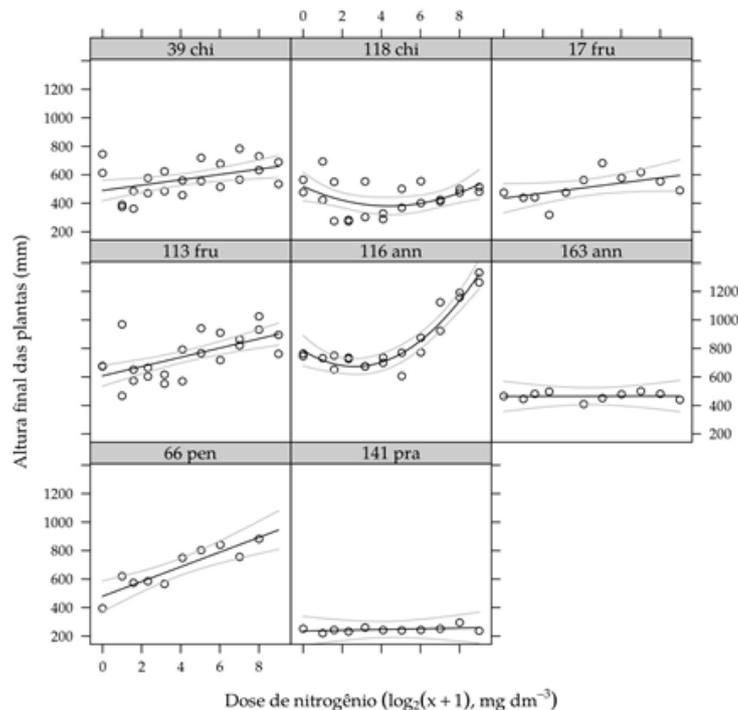


Figura 3 Altura final de oito genótipos de *Capsicum* spp. sob crescentes doses de adubação nitrogenada.

Os dados de AP corroboram com os resultados descritos por Oliveira et al. (2013), que ao avaliar o desenvolvimento do pimentão híbrido Atlantis, submetidos a seis doses de N e K, relatou aumento na altura em função das crescentes doses, com altura máxima entre 79,7 e 81,7 cm na dose de 75 Kg/ha⁻¹. No entanto, crescentes doses de N para o pimentão cultivar All Big influenciaram negativamente a altura das plantas, de 50 cm para sem adubação para para 35 cm com adubação na dose final de 53,33 Kg/ha⁻¹ (Carvalho et al., 2013).

Em um experimento desenvolvido sob doses de solução nutritiva com NO₃⁻ na concentração de 15,5 mmol, Xavier et al. (2006) a altura de plantas da pimenta ornamental “Gion red” (*C. annum*) relatou a interação entre as concentrações e AP atingindo média final de 27 cm de altura. Esses resultados corroboram com o observado nesse estudo, no qual o genótipo com características ornamentais alcançou média próxima.

Caracterizar as culturas quanto a sua altura é altamente relevante pois plantas que apresentam altura abaixo de 50 cm dificultam o processo durante a colheita, visto que esta é realizada manualmente (Ribeiro et al., 2008). A avaliação quantitativa de crescimento é um passo primordial quando se objetiva avaliar a produção primária das culturas. As oscilações na quantidade de fitomassa são utilizadas para presumir

índices fisiológicos como: taxa de crescimento absoluto e relativo, taxa de crescimento da cultura, entre outros (Peixoto e Peixoto, 2009). Para os genótipos 116, 113, 66 e 39 este ganho foi significativo, indicando potencial de ganhos de produtividade em resposta a adubação nitrogenada.

Em relação ao diâmetro do colo (DC), os genótipos UNEMAT 113 e 66 com 16,69 mm e 16,5 mm, ambos na dosagem máxima de 102,4 kg/ha⁻¹, e os genótipos UNEMAT 39 e 17 (16,26 mm e 14,93 mm na dose máxima de 51,2 kg/ha⁻¹) apresentaram resposta positiva para as doses crescentes (Figura 4).

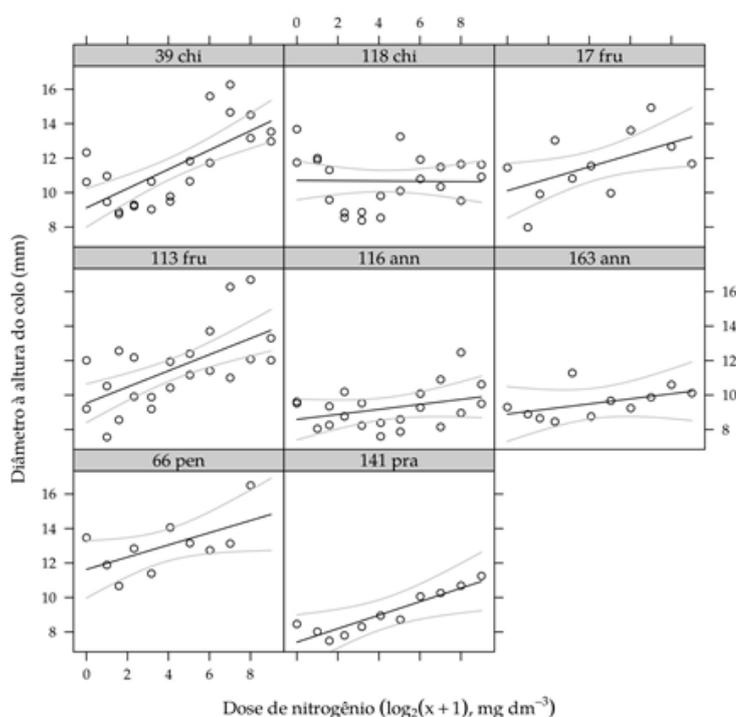


Figura 4 Diâmetro do colo de oito genótipos de *Capsicum* spp. sob crescentes doses de adubação nitrogenada.

Validando os resultados significativos desse estudo para a variável DC, Xavier et al. (2006) relatou valores significativos ao avaliar a pimenta ornamental “Gion red” (*C. annuum*) submetida a diferentes concentrações (75, 100 e 125%) de solução nutritiva recomendada para a cultura, com melhor resultado (7,45 mm) na maior concentração. Silva Neto et al. (2014) ao avaliar a variabilidade entre progênes de pimentas *C. annuum* sem adubação nitrogenada, obteve uma média entre 4,2 a 8,9 mm de diâmetro. Ambos trabalhos apresentam resultados inferiores ao relatado no presente estudo, o que fortalece a importância da adubação nitrogenada para a cultura de *Capsicum* spp.

A interação observada entre os genótipos e as crescentes doses de N para as variáveis AP e DC ocorreram dentro do esperado, visto que a parte vegetativa se desenvolve tanto em comprimento como em diâmetro. De acordo com Cruz e Regazzi (2004), a existência da interação G x A reduz a correlação entre fenótipo e genótipo indicando que o genótipo que demonstra superioridade em um ambiente, poderá não apresentar o mesmo desempenho em outro. Para este estudo, o coeficiente de correlação foi de $R^2= 0,97$ podendo assim afirmar que todos os genótipos, para estas variáveis, apresentarão o mesmo desenvolvimento em ambientes distintos.

Os genótipos UNEMAT 141 e 118 apresentaram o menor e maior NDF, respectivamente. O genótipo 141 iniciou o florescimento apenas 10 dias após o transplântio (DAT) (Figura 3a). De acordo com Ribeiro et al. (2008), períodos de florescimento inferiores a 80 dias podem ser considerados precoces, o que demonstra que todos os genótipos desses estudo, tem potencial para ser genitor em programa de melhoramento visando a precocidade.

Em relação ao NDM, o genótipo 163 foi o mais precoce com 57 DAT e o mais tardio, foi novamente o genótipo 118 com maturação de 142 dias. O genótipo 141 iniciou a maturação de frutos 60 DAT (Figura 5b). As características de NDF e NDM não foram influenciadas pela adubação, portanto, para as condições deste estudo não influenciadas pelo ambiente.

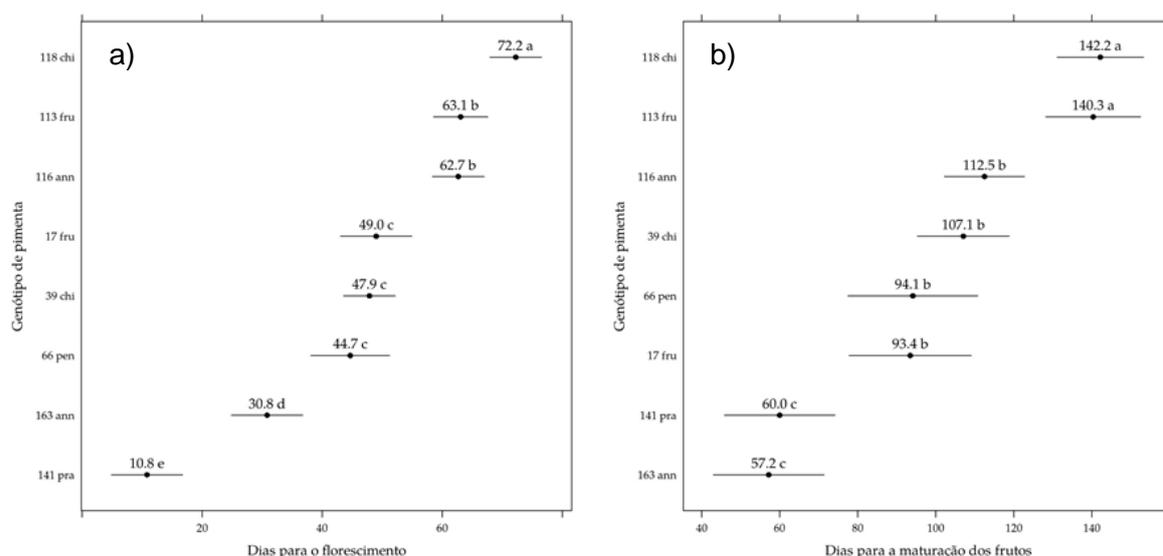


Figura 5 Número de dias para o florescimento (NDF) (a) e número de dias para a maturação (NDM) (b) de frutos de oito genótipos de *Capsicum* spp.

Alvares (2011) obteve um tempo de florescimento superior ao observado no presente estudo, com DAT entre 84 e 139 dias para a espécie *C. chinense*. Comportamento similar para essa mesma espécie também foi mencionado por Domenico et al. (2012), neste, o NDF variou entre 95 a 118 dias.

Genótipos de *C. baccatum* e *C. baccatum* var. *praetermissum* submetidos à adubação com NPK, Mg e esterco, apresentaram uma média de 85 dias após a semeadura para o início da floração segundo Ferraz et al. (2016). Para o NDM, esse mesmo autor registrou um período de uma ou duas semanas após o florescimento, com maior precocidade registrada para os cultivares CNPH 4065 (*C. baccatum*) e CNPH 3699 (*C. baccatum* var. *praetermissum*) com 81 e 86 dias após a semeadura respectivamente.

Uma análise de divergência desenvolvida por Bianchi (2017) em acessos de *C. chinense* relatou em período de 73 a 95 dias para maturação, essa espécie, nesse trabalho, apresentou uma média 107 dias. A precocidade na produção de flores e maturação dos frutos contribui com a redução nos custos da produção e na qualidade dos frutos, uma vez que, um menor tempo de exposição do fruto reduz a incidência de possíveis contaminação do ambiente (Charlo et al., 2009; Santos et al., 2017).

O nitrogênio promove a formação e o desenvolvimento das gemas das flores e frutos devido a estar diretamente relacionado aos processos enzimáticos, energéticos, fotossintéticos, de multiplicação e diferenciação celular (Malavolta et al., 1997). Contudo, os resultados observados no presente estudo demonstram que a adubação nitrogenada não influenciou o NDF e NDM.

O aumento das doses foi significativo para a variável número de frutos (NF), os genótipos UNEMAT 141 (*C. baccatum* var. *glabriusculum*) e 116 (*C. annum*) apresentaram respostas superiores em relação aos demais genótipos (Figura 6) com média de 47 e 28 frutos/planta respectivamente, ambos na dose máxima de 204,8 kg/ha⁻¹. O número de frutos não possui uma relação com a duração de maior produção de frutos. Não houve interação entre os números de frutos de pimentas e as crescentes doses de N.

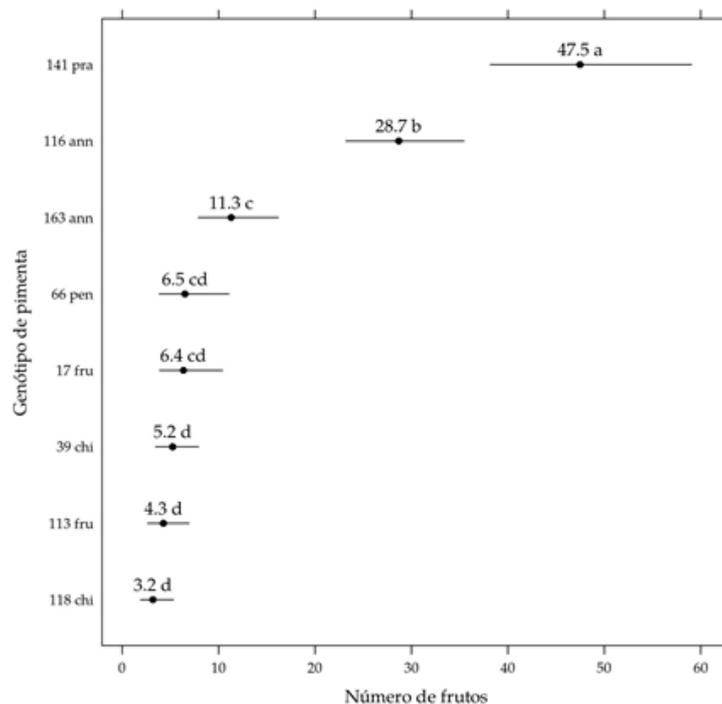


Figura 6 Número de frutos por planta em diferentes genótipos de pimenta *Capsicum* spp.

Os resultados desse estudo quanto a influência positiva das doses, é confirmado ao se comparar com o estudo realizado por Araújo et al. (2009) com a cultivar de pimentão All Big, no qual o NF cresceu significativamente em função das doses com produção total de 15,27 frutos/planta. Resultado similar foi obtido por Nunes Junior et al. (2017) para o efeito de doses de NK com produção total de 28 frutos/planta na dose máxima 430 kg/ha⁻¹. A produção de frutos de pimenta ornamental “Gion red” (*C. annuum*), também foi influenciada pelo aumento de tres concentrações de solução nutritiva composta por NO₃⁻, apresentando produção média de 2,6 frutos na menor concentração até 77 frutos/planta na concentração de 100% (Xavier et al., 2006).

A alta relação do nitrogênio com os processos de fotossíntese e metabolismo, o torna um dos nutrientes que favorece a ocorrência de grandes modificações morfofisiológicas na planta, com possibilidade de alterar o número, o peso e a qualidade dos frutos (Marschner, 1995).

O aumento das doses influenciou significativamente a variável CF, no entanto, o diâmetro não foi afetado. O maior comprimento foi de 14,7 cm para o genótipo 163, que apresentou diâmetro de 1,10 cm na dose 12,8 kg/ha⁻¹ (Figura 7a). O menor comprimento foi observado no genótipo 141 (0,7 cm na dose 0,44 kg/ha⁻¹).

O DC de 2,89 cm, maior avaliado, foi descrito para o genótipo 39, e o menor para o genótipo 66 com 0,35 cm (Figura 5b).

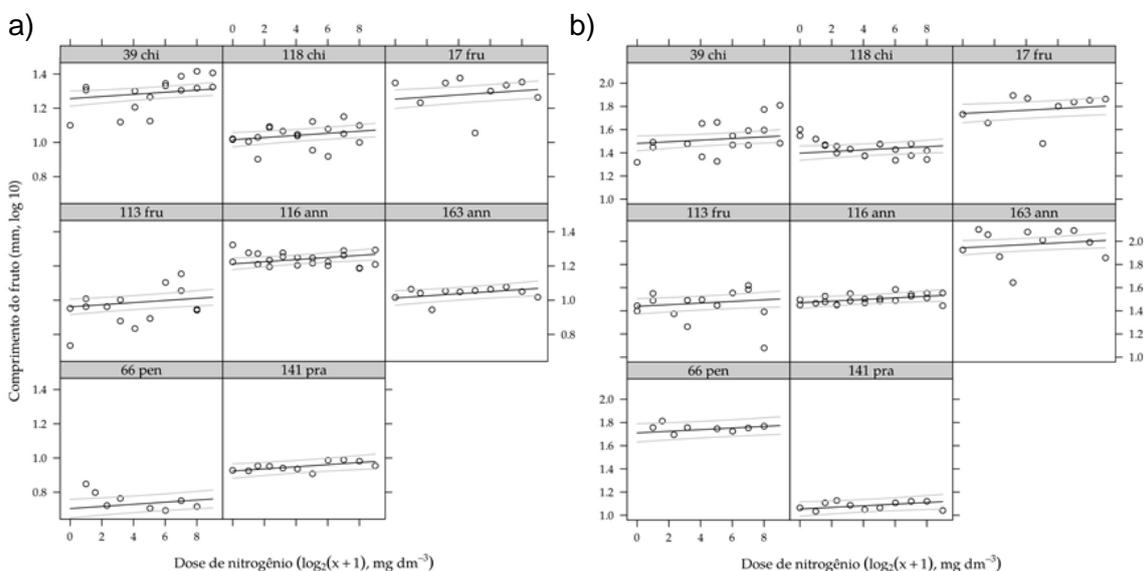


Figura 7 Comprimento (a) e diâmetro (b) dos frutos de *Capsicum* spp. em relação à crescentes doses de nitrogênio

Araújo et al. (2009) ao condicionar cultivares do pimentão All Big à cinco doses de N crescente, descreveu que as doses não influenciaram o CF, que mantiveram uma média de 8,2 cm de comprimento. O mesmo comportamento foi observado por Aragão et al. (2012) que em quatro doses de N, pimentões híbridos Magali R alcançaram média de 9,2 cm nas doses iniciais e nas finais atingiram 6,5 cm. Influência negativa também foi relatada para doses (0 a 53,33 Kg/ha⁻¹) em um experimento desenvolvido por Carvalho et al. (2013) no qual cultivares do pimentão All Big demonstraram decréscimo de 6,5 a 4,7 cm na dose final. Tais resultados contrapõem o observado nesse estudo, no qual as doses influenciaram positivamente no comprimento, que se confirma ao comparar com os resultados de Nunes Junior et al. (2017), que relataram influência das doses, de 5,3 à 6,0 cm de comprimento na dosagem máxima de 430 Kg/ha⁻¹.

Para a variável DF, um trabalho desenvolvido Araújo et al. (2009) observaram influência positiva para cinco doses, com uma média de 5,7 cm a 6,0 cm na dose final de 400 Kg/ha⁻¹, divergindo do presente trabalho. No entanto, o resultado de falta de interação entre as doses e o diâmetro é fortalecido por Nunes Junior et al. (2017) que, em pimentão híbrido All Big descreveu que para as cinco doses de NK não houve aumento ou redução, e os frutos mantiveram uma média de 4,5 cm. Assim como, há

estudos com cultivares desse mesmo pimentão, que demonstraram decréscimo com o aumento da adubação nitrogenada, de 5 cm sem adubação a 3,5 cm na dosagem final de 53,33 kg/ha⁻¹ (Carvalho et al., 2013).

Essa incompatibilidade de resultados pode ter relação com a forma de aplicação do N, ou ainda em função da diversidade entre os genótipos e a interação ou ausência dela, entre esses fatores (Nunes Junior et al., 2017). As avaliações dessas características são relevantes pois permitem caracterizar o uso que melhor se adequa a forma física do fruto. Frutos de menor comprimento podem ser utilizados na fabricação de molhos e compotas, já os frutos maiores podem ser destinados a comercialização in natura em feiras e mercados (Bianchi, 2017).

Os genótipos UNEMAT 116 e 163 apresentaram médias superiores para MFF (192,3 e 192 g/planta) e MSF (35,23 e 40,33 g/planta) na dose 204,8 kg/ha⁻¹ (Figura 8). Não houve interação entre as dosagens e os genótipos para a massa fresca e seca dos frutos de pimenta e por isso não foi ajustado o modelo, podendo realizar somente a comparação entre genótipos. Os genótipos 66, 118 e 113 apresentaram menor potencial produtivo dentre os genótipos estudados, seja para massa fresca ou seca de frutos acumulada no período de estudo.

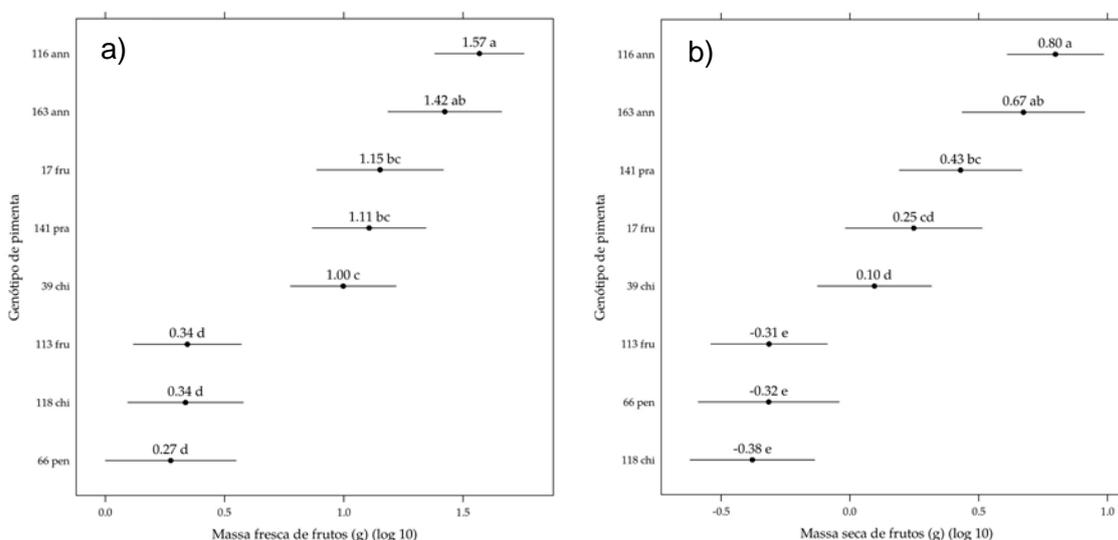


Figura 8 Massa fresca dos frutos (MFF) (a) e massa seca dos frutos (MSF) (b) em oito genótipos de pimenta (*Capsicum* spp.)

Resultados similares de MF foram obtidos por Chaves et al. (2006) com *C. frutescens* L., no qual as crescentes doses (0 a 450 kg/ha⁻¹) influenciaram significativamente ($R^2 = 0,9680$) com um incremento de 816 g/planta⁻¹. Para

pimentões da cultivar Magali R submetidos a quatro doses de N, no qual obteve uma produção de 27,3 g/planta⁻¹ na maior dose de 40 kg/ha⁻¹ (Aragão et al., 2012). Para adubações com NK, o aumento das doses também influenciou positivamente com produção máxima de 646,7 g/planta⁻¹, gerando um incremento de até 142 g se comparando com a ausência de doses (Nunes Junior et al., 2017).

Resultados positivos quanto produção de massa fresca e seca sob doses crescentes podem ser explicados devido a capacidade no aumento da produção do pimentão, tal como o manejo e forma de adubação que permite a distribuição dos nutrientes e aminoácidos para cada estágio fenológico das plantas, fortalecendo o processo fotossintético (Filgueira, 2003; Malavolta, 2006).

A análise de variáveis que revelam a produção média de frutos em pimentas, permitem estimar o potencial da produtividade dos genótipos, e ainda antever a aceitação no mercado consumidor (Surh et al., 2002). São características que refletem em frutos mais firmes, o que é um atrativo para o consumo in natura, pois, uma firmeza maior, influencia na resistência aos danos causados durante o transporte e maior tempo de mercado (Casali et al., 1984; Rêgo et al., 2001).

4.2 Análise discriminante canônica

A análise discriminante canônica (ADC) foi utilizada para demonstrar quais combinações lineares de variáveis de nitrogênio forneceram maior separação entre os fatores produção e desenvolvimento, essa combinação linear tende a atingir a correlação múltipla mais alta possível nos grupos de resultados.

A ADC entre os genótipos apresenta duas dimensões com valores significativos e dispersos, no entanto, há a formação de grupos apontados por meio de escores associados às variáveis canônicas (Can1 e Can2) para as características avaliadas, as duas variáveis canônicas retiveram juntas 70,8% da variabilidade existente entre os genótipos e o ambiente (doses de N).

A primeira variável canônica (Can1) reteve a maior contribuição com 43,8%, com os caracteres produtivos NF, MFF e MSF, e a segunda variável explica 27% da variação com os caracteres vegetativos NDF e NDM que sofreram menor influência do ambiente (Figura 9).

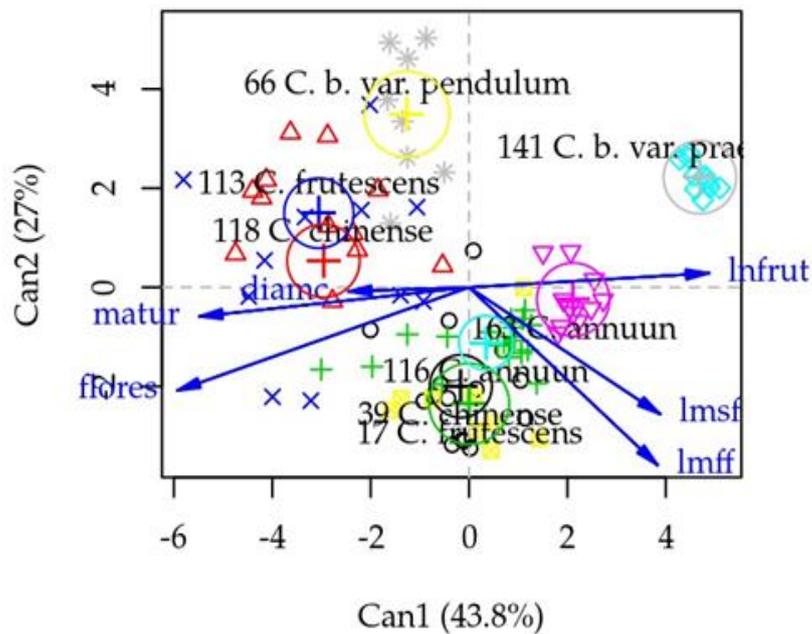


Figura 9 Análise discriminante canônica (ADC) de cinco variáveis influenciadas (indicados por vetores maiores) por crescentes doses de N.

Ferrão et al. (2011) descreveu que a massa fresca e comprimento dos frutos de *C. baccatum* explicavam 86,5% da variabilidade obtida, assim como para Mesquita (2015) no qual as variáveis peso, comprimento, diâmetro do fruto explicam 79,7% da variabilidade existente entre as populações de pimentas *C. annuum*. Tais resultados corroboram com o obtido nesse estudo, no qual a ADC mostra que as variáveis relacionadas ao fruto são as que mais diferenciam os genótipos entre si, do que as relacionadas à planta.

Entende-se que as variáveis permitiram a avaliação da divergência entre os genótipos com relação as doses de nitrogênio através da formação de dois grupos distintos. As características de produtividade explicaram a maior parte da variação existente entre genótipo e ambiente. Em programas de melhoramento que visem a obtenção de pimenteiros com alto potencial de produção recomenda-se levar em conta os genótipos que apresentaram maior valor de produtividade, que nesse estudo foi observado no genótipo UNEMAT 163.

4.3 Produção de compostos antioxidantes

No presente estudo, foram observadas diferenças significativas entre os genótipos avaliados quanto aos teores de compostos bioativos e atividade

antioxidante, entretanto a adubação nitrogenada não influenciou os teores de compostos antioxidantes, não havendo também interação entre os fatores.

Em algumas culturas, como no tomate, a ocorrência de interação entre ambiente e compostos bioativos é relevante visto que, a redução da absorção de nitrogênio influencia diretamente na composição dos frutos, pois pode haver melhora na concentração de açúcares sem que a produtividade seja prejudicada e, por consequência, a redução do N combinada ao aumento da radiação irá aumentar o teor dos compostos antioxidantes e pode melhorar a qualidade dos frutos (Bérnard et al., 2009).

4.3.1 Polifenóis totais

Os valores obtidos para os polifenóis totais destaca o genótipo UNEMAT 141 com 208,5 mg de EAG/100g⁻¹ de massa fresca, seguido do genótipo 163 com 175,9 mg.100g⁻¹ (Figura 10). Os demais genótipos apresentaram concentrações inferiores de polifenóis totais com concentração mínima no genótipo 17 (36,0 mg.100g⁻¹).

A estabilidade nos teores de polifenóis totais quanto as doses de N, pode ser explicada devido ao fato de as pimenteiiras não sofrerem condições de estresse dentro das doses aplicadas, visto que a produção de polifenóis bem como outros antioxidantes se dá em função do aumento do processo de oxidação.

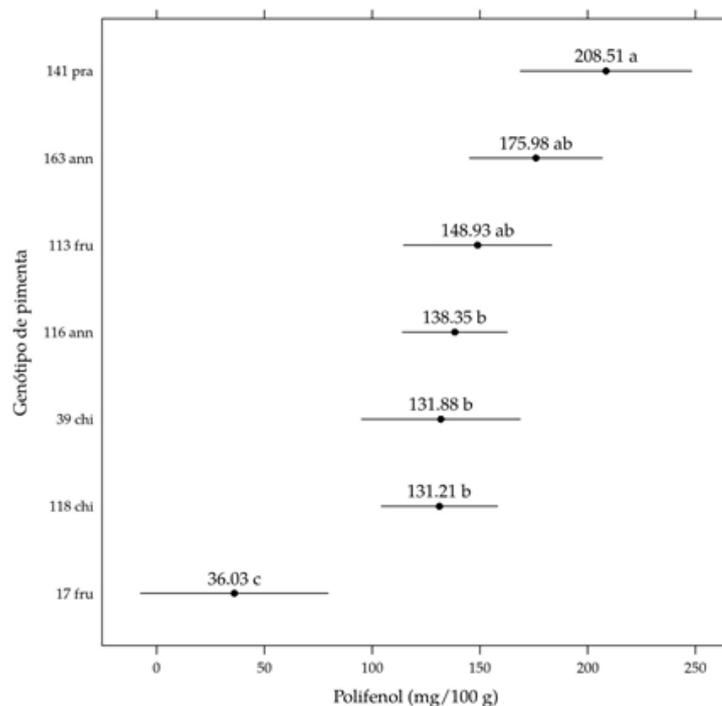


Figura 10 Teores de polifenóis totais frutos de diferentes acessos de pimenteira (*Capsicum* spp).

Porto et al. (2016) ao analisar o teor desses compostos em frutos de tomate submetidos a crescentes doses de N nas formas de nitrato de cálcio, ureia e sulfato de amônio, observou a redução no incremento de 75.63 g/100 g⁻¹ EAG para 68.84 g/100g⁻¹ EAG na dose máxima de 420 kg/ha⁻¹. O mesmo padrão foi exposto por Bénard et al., (2009) no qual o aumento dos compostos fenólicos em tomate foi de acordo com a redução do suprimento de N. Para as doses, esses resultados contrastam com os obtidos nesse estudo, pois as concentrações mantiveram estabilidade entre as doses avaliadas.

Os vegetais, de modo geral, tendem a aumentar a produção e o acúmulo dos compostos fenólicos em condições de estresse, acarretando no acúmulo de carboidratos devido a relação carbono/nutrientes, em especial quando o carbono diminui devido à falta de nutrientes (Hamilton et al., 2001; Kandil et al., 2004). Esses compostos por serem decorrentes do metabolismo secundário dos vegetais, apresentam produção contínua, e sofrem variação com a alteração do ambiente (Aranha, 2016).

Em relação ao material genético, Zimmer et al. (2012) encontrou concentrações de até 187,51 mg de EAG/100g⁻¹ em frutos de *C. baccatum* var. *pendulum*. Tundis et al. (2013) para as cultivares Acuminatum e Orange Thai (*C.*

annuum) relatou teores elevados de 648,6 mg e 679,6 mg de Equivalente de Ácido Clorogênico/100g de frutos fresco. Farahmandfar et al., (2017) descreveu uma concentração de 810,31 mg.100g⁻¹ de EAG em *C. frutescens*. Essas variações, possivelmente, ocorrem em função da diversidade genética entre os materiais ou da metodologia utilizada, visto que o genótipo com maior e menor resposta, para este estudo, foram contrários entre as literaturas citadas.

Para os teores de flavonoides, o genótipo UNEMAT 163 foi superior com média de 34,9 mg.100g⁻¹, os genótipos 113 e 118 também apresentaram elevada concentração desses compostos com teores de 30,4 e 28,5 mg.100g⁻¹ respectivamente (Figura 11).

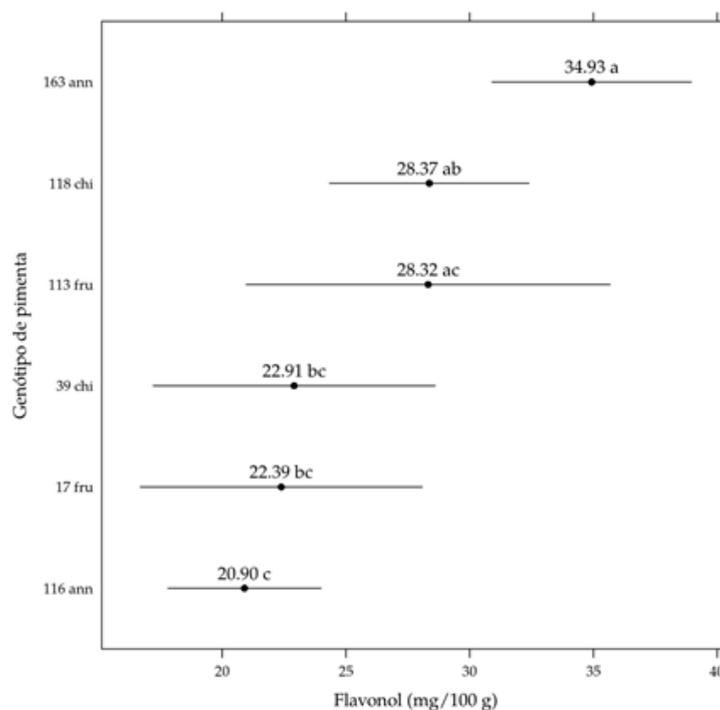


Figura 11 Concentração de flavonoides em sete genótipos de pimentas *Capsicum* spp.

Ao analisar quatro cultivares de pimentão (*C. annuum*), Tundis et al. (2013) descreveram concentrações entre 39,0 a 61,5 mg de Equivalente de Quercetina/100g⁻¹ de fruto, com maior teor para a cultivar Orange Thai. Divergência entre as concentrações também foram relatadas por Vera-Guzmán et al. (2011) em *Capsicum* spp. (de 9,5 a 97,4 mg.100g⁻¹). Em pimentas da espécie *C. annuum*, baixos teores entre 0,4 a 11,1 mg/g de Equivalente de Ácido Clorogênico foram relatados por Loizzo et al. (2015). Ambos os estudos, obtiveram valores superiores a estes, esses valores

podem ter decorrentes principalmente ao fato da avaliação ter sido realizada em dois estágios de maturação, ou ainda devido ao processo de armazenamento.

Segundo Jimenez e Garcia-Carmona (1999) os teores de flavonoides tendem a diminuir de acordo com a maturidade dos frutos. Para Parr e Bolwell (2000) a exposição à luz aumenta o teor flavonoides nos frutos, e esta concentração pode variar de acordo com o sombreamento ao qual a cultura é submetida.

A maior concentração de antocianinas também foi demonstrada pelo genótipo 163 com $13,1 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, no entanto, os genótipos 39 e 17 com $11,4$ e $9,6 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ respectivamente, foram os que apresentaram maiores valores de média, não seguindo a mesma ordem dos flavonoides (Figura 12).

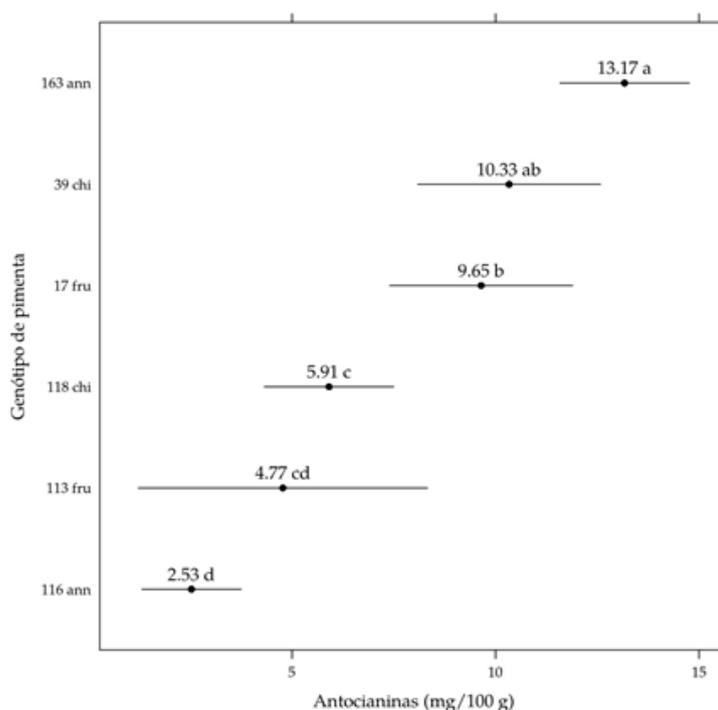


Figura 12 Concentração de antocianinas em sete genótipos de pimentas *Capsicum* spp.

Amplitudes entre $0,0795$ a $0,47 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ foram descritas por Arnnok et al. (2012), com amostras de *C. annuum*. Padilha et al. (2015) registrou para acessos de *C. annuum* concentrações entre $0,15$ e $4,92 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de massa fresca, resultados inferiores ao presente estudo, entretanto, corroboram com o mesmo pois, a discrepância entre as concentrações possivelmente, foi em função da variação das cores entre os acessos. O mesmo comportamento foi observado nesse estudo, no qual, os genótipos de coloração mais intensa demonstraram maior valor.

Variedades da pimenta *C. baccatum* apresentaram teores de antocianinas totais com amplitudes entre 3,64 a 12,37 mg.100g⁻¹ de matéria fresca do fruto (Neitzke et al., 2015), atestando que algumas pimentas com maior grau de pungência, possuem maiores quantidade de antocianinas. A análise de capsaicinóides não foi realizada nesse estudo, no entanto, as pimentas que são classificadas como mais pungente (*C. frutescens*) não foram os genótipos que se destacaram.

4.3.2 Carotenoides

Os teores de β -caroteno e licopeno apresentaram divergência entre os genótipos analisados, e as maiores concentrações foram encontradas nos genótipos 163 (2,4 e 0,9) e 141 (1,5 e 0,7) mg.100g⁻¹ (Figura 13). As doses de N não apresentaram significância.

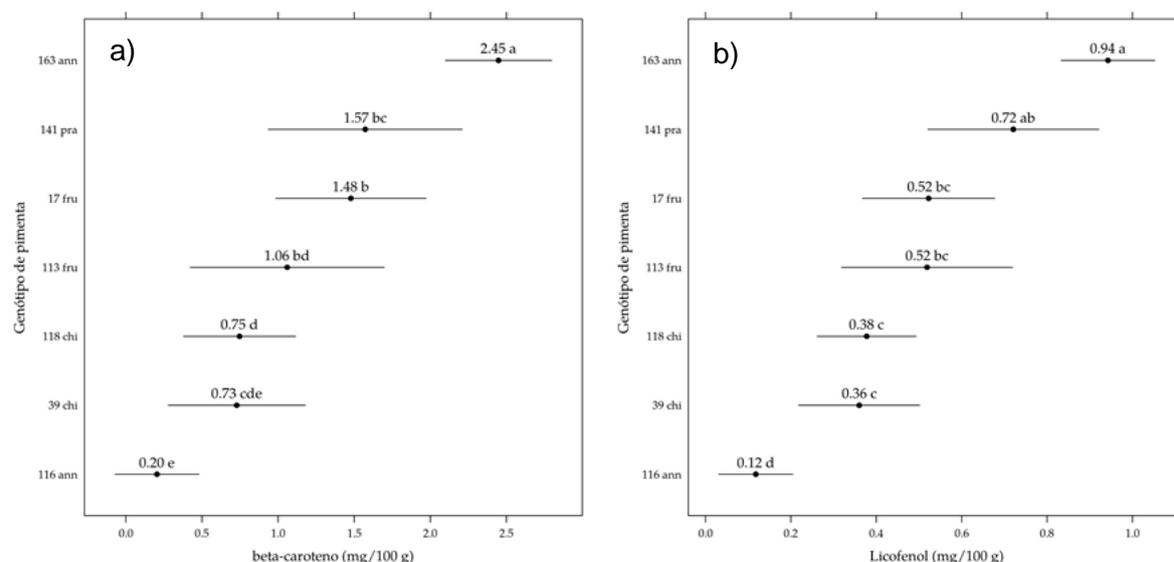


Figura 13 Teores de β -caroteno (a) e licopeno (b) frutos de diferentes acessos de pimenteira *Capsicum* spp.

Valores superiores de compostos carotenoides em cultivares de *C. annuum* foram publicados por Tundis et al. (2013) com teores mínimo e máximo de 130,6 a 414,1 mg/100g em Equivalente de β -caroteno para as cultivares Acuminatum e Cayenne Mesilla respectivamente. Já Rodríguez-Burruezo et al. (2010) constatou uma amplitude de 0,24 a 2,54 mg/100g Equivalente de Retinol nas espécies *C. baccatum* e *C. annuum*. Corroborando com os encontrados no presente estudo.

Solanáceas como o tomate, apresentaram uma faixa de concentração de carotenoides, similares a observada nas pimentas avaliadas nesse estudo. No entanto, responderam significativamente a crescentes doses de N com um incremento de 3,33 para 4,47 mg.100g⁻¹ (Porto et al., 2016).

Os carotenoides estão entre os mais importantes pigmentos vegetais que conferem aos frutos cores diversas e induzem o seu valor nutricional. Para *Capsicum* spp. já foram encontrados aproximadamente 30 pigmentos diferentes, dos quais as cores vermelha e amarela estão entre os principais carotenoides (Rodríguez-Burruezo et al., 2010).

4.4 Atividade antioxidante frente ao radical DPPH

Os testes de comparação de média apontaram superioridade para o genótipo UNEMAT 141 com valor de AAT correspondente a 53,67 mg.100g⁻¹ EAA de massa fresca (Figura 14), esse resultado era esperado visto que, a expressão da atividade antioxidante em extratos de pimenta é uma consequência da alta relação entre os compostos fenólicos e outras moléculas, como as vitaminas A, C e E, que apresentam atividade antioxidante (Loizzo et al., 2015).

O genótipo 163 (*C. annuum*) para os compostos fenólicos foi o segundo em maior importância, no entanto, apresentou baixa atividade antioxidante (28,81 mg.100g⁻¹), possivelmente, este resultado é devido à presença de outras substâncias bioativas não avaliadas.

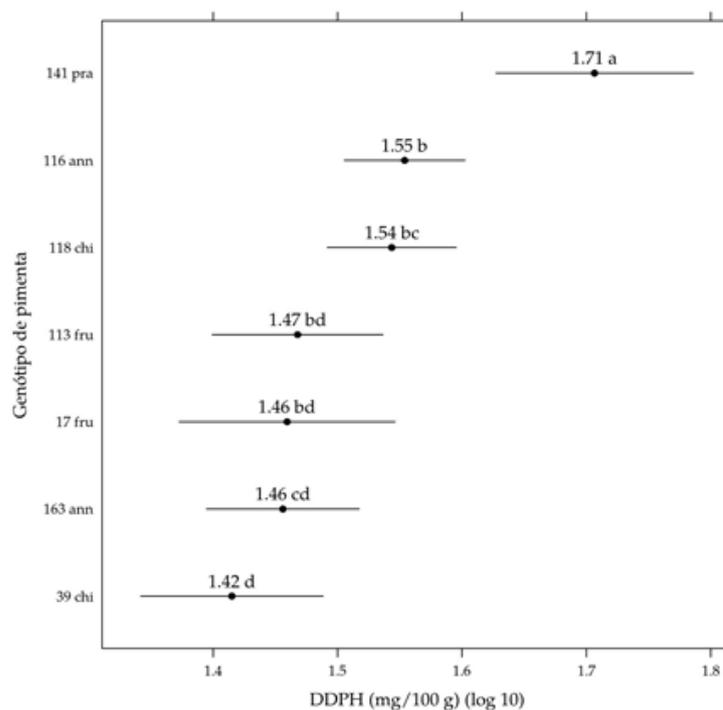


Figura 14 Atividade antioxidante frente ao radical DPPH em frutos de diferentes acessos de *Capsicum* spp.

Mello et al. (2011) registrou maior teor em *C. frutescens*, divergindo do presente estudo. No entanto, Bertão et al. (2016) obteve resultados que corroboram com os resultados observados, com maior atividade antioxidante na espécie *C. baccatum* var. *praetermissum*.

5. CONCLUSÃO

As crescentes doses influenciaram o desenvolvimento e a produtividade *Capsicum* spp., exceto para as variáveis NDF, NDM, DF. Houve interação apenas para as variáveis AP e DC. O genótipo UNEMAT 141 *C. annum* var. *glabriusculum* destacou-se pela precocidade e maior NF seguido do genótipo 116 *C. annum*, que produziu maior biomassa dos frutos.

As diferentes concentrações entre os compostos antioxidantes foram em função da variabilidade entre as espécies. Com destaque para o genótipo 141 (CF e DPPH). O genótipo 163 apresentou altas concentrações de FL, AN, β C, LC, no entanto, baixa atividade antioxidante.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, P. Some effects of the environment on the nutrition of greenhouse tomatoes. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 366, p. 405-416, 1994.
- ALVARES, R. C. **Divergência genética entre acessos de *Capsicum chinense* Jacq. coletados no sudoeste goiano**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Programa de Pós-graduação em Agronomia. 73 f. 2011.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz** (Impr.) vol.66 no.1 São Paulo. 2007.
- ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M. de; FEITOSA, H. de O.; FEITOSA, E. de O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.6, nº. 3, p. 207 - 216, 2012.
- ARANHA, B. C. **Análise metabolômica não-direcionada de pimentas (*Capsicum* spp.) por CG-EM**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Pelotas, 2016.
- ARAÚJO, J. S.; ANDRADE A. P. DE.; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V. DE. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.152-157, 2009.
- ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S. de; STERTZ, S. C.; DORNAS, M. F. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. **Food Science and Technology**. v. 30(2), pp. 501-506. 2010.
- ARIYO, O. S.; AROGUNDADE, O.; ABDUL-RAFIU, A. M. Discriminant and Classification Analysis of Health Status of Bell Pepper (*Capsicum annuum*). **Research Journal of Mathematics and Statistics**. v. 3 (2), pp. 77-81, 2011.
- 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**. v. 19. pp. 235-243. 2012.
- AZEEZ, L.; ADEOYE, M. D.; MAJOLAGBE, T. A.; LAWAL, A. T.; BADIRU, R. Antioxidant Activity and Phytochemical Contents of Some Selected Nigerian Fruits and Vegetables. **American Journal of Chemistry**. v. 2, n. 4, pp. 209–213, 2012.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. de C. G.; DE PAULA, S. O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 23(4):629-643, jul./ago., 2010.
- BARBOZA, G. E.; AGRA, M. F.; ROMERO, M. V.; SCALDAFERRO, M. A.; MOSCONE, E. A. New endemic species of *Capsicum* (Solanaceae) from the Brazilian Caatinga: Comparison with the Re-Circumscribed *C. parvifolium*. **Systematic Botany** 36: 768-781. 2011.
- BECANA, M.; MATAMOROS, M.; UDVARDI, M.; DALTON, D. Recent insights into antioxidant defenses of legume root nodules. **Tansley review**. pp. 43. 2010.
- BÉNARD, C.; GAUTIER, H.; BOURGAUD, F.; GRASSELLY, D.; NAVEZ, B.; CARISVAYRAT, C.; WEISS, M.; GENARD, M. Effect of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugar, acids

ascorbate, carotenoids and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 4112-4123, 2009.

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**. p.149-156, 2007.

BERG, J. M. T.; LUBERT, J. **Bioquímica**. 6ª.Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 545p.

BERTÃO, M. R.; MORAES, M. C.; PALMIERI, D. A.; SILVA, L. P.; DA SILVA, R. M. G. Cytotoxicity, Genotoxicity and Antioxidant Activity of Extracts from *Capsicum* spp. **Research Journal of Medicinal Plants**. Fevereiro, 2016.

BIANCHI, P. A. **Variabilidade intraespecífica para caracteres morfológicos, agronômicos e moleculares entre acessos de *Capsicum chinense* L.** Dissertação (mestrado) em Genética e Melhoramento de Plantas - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 92 f. 2017.

BONAS, U.; LAHAYE, T. Plant disease resistance triggered by pathogen-derived molecules: refined models of specific recognition. **Currently Opiny Microbiol.**, v.5, p.44-50, 2002.

BOSLAND, P.W. ***Capsicums: Innovative Uses of an Ancient Crop***. Arlington, VA: ASHS Press, p. 479-487. 1996.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30. 1995.

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Rockville, **American Society of Plant Physiologists**, 2000, 1367p.

CARVALHO, K. dos S.; KOETZ, M.; DA SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; NUNES, J. A. da S. Adubação nitrogenada na cultura do pimentão em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia. v.9, n.17. pp.49-58. 2013.

CASALI, V. W.; COUTO, F. A. A. Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário**, v. 10, n. 11, p. 8-10, 1984.

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.

CEZAR, M.A.; KRAUSE-SAKATE, R.; PAVAN, M.A.; COSTA, C. P. Avaliação da resistência a tobamovirus em acessos de *Capsicum* spp. **Summa Phytopathologica**. V. 35, n.1, p.39-43, 2009.

CHARLO, H. C. O.; CASTOLDI, R.; FERNANDES, C.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira**. v. 27, pp.155-159. 2009.

CHARLO, H. C. O.; OLIVEIRA, S. F.; VARGAS, P. F.; CASTOLDI, R.; BARBOSA, J. C.; BRAZ, L. T. Accumulation of nutrients in sweet peppers cultivated in coconut fiber. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 125-131, 2012.

CHAVES, S. W. P.; AZEVEDO, B. M. de.; AQUINO, B. F. de.; VIANA, T. V. de A.; MORAIS, N. B. de. Rendimento da pimenteira em função de doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.19-24, 2006.

CLINTON, S. K. Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. **Nutrition Reviews**. v. 56(2). pp. 31-51.1998.

COSTA, L. M. da C.; DE MOURA, N. F.; MARANGONI, C.; MENDES, C. E.; TEIXEIRA, A. de O. Atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 30, supl. 1, p. 51-59, 2010.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Universidade Federal Viçosa (UFV), v. 223. 2004.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, J. A.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1, 4 edição, Viçosa: UFV, 514p. 2012.

CRUZ-CASTILLO, J. G.; GANESHANANDAM, S.; MACKAY, B. R.; LAWES, G.S.; LAWOKO, C. R. O.; WOOLLEY, D. J. Applications of Canonical Discriminant Analysis in Horticultural Research. **Hortscience**. v. 29(10), outubro, 1994.

DEGÁSPARI, C. H. **Propriedades antioxidantes e antimicrobianas dos frutos da aroeira (*Schinus terebenthifolius* Raddi)**. Tese Doutorado. Pós-Graduação em Tecnologia de Alimento/ Universidade Federal do Paraná, 2004.

DOMENICO, C. I. **Caracterização agrônômica e pungência em pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.)** 38f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) Pós-Graduação – IAC. 2011.

DOMENICO, C. I.; COUTINHO, J. P.; GODOY, H. T.; MELO, A. M. T. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**. v. 30, pp. 466-472. 2012.

EBERHART, S. A. e RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**. v. 6, n. ,1 p.36-40, 1966.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Pimenta (*Capsicum spp.*)**. Sistemas de Produção, 2. Versão Eletrônica. Publicada em novembro de 2007. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/index.html Acesso em: 15 de fevereiro de 2017.

EVERITT, B. **Graphical techniques for multivariate data**. Heinemann, London. 117 p. 1978.

FALCONER, D. S. e MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. London: Longman. 1996. 464 p.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2012) Database results. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD> Acesso em 21 fevereiro de 2017.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2013) **Agricultural trade**. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org>. Acesso em: 13 de março d 2017.

FARAHMANDFAR, R.; ASNAASHARI, M.; SAYYAD, R. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of *Capsicum frutescens* Extracted by Supercritical CO₂, Ultrasound and Traditional Solvent Extraction Methods. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**. v. 20:1, pp. 196-204. 2017.

FARIA, A.P.; MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J. S.; SILVA, C. F. B.; DESTRO, D. Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p. 579-585, dez. 2009.

FAULIN, E. J. e AZEVEDO, P. F. **Distribuição de Hortaliças na Agricultura Familiar: uma análise das transações**. Informações Econômicas, São Paulo, v. 33, n.11, nov. 2003.

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 morfo-agrônômicos. **Horticultura Brasileira**. v. 29, pp. 354-358. 2011.

FERRAZ, R. M.; RAGASSI, C. F.; HEINRICH, A. G.; LIMA, M. F.; PEIXOTO, J.R.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Caracterização morfoagronômica preliminar de acessos de pimentas cumari. **Horticultura Brasileira**. v. 34, pp. 498-506. 2016.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 57, p. 263-273, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas: Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA. 331p. 2003.

FISHER, R. A. The use of multiple measurements in taxonomic problems. **Annals of Eugenics**. 7, 179–188. 1936.

LOPES, N. F. e LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. 1. ed. Viçosa, MG: UFV. 492 p. 2015.

LOPES, N. F. e LIMA, M. da GRAÇA de SOUZA. **Fisiologia da produção**. 1ª Edição. Viçosa: Editora UFV, 2015. 492 p.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. M.; GRAÇA, R. N. Acúmulo de nutrientes e método de estimar doses de nitrogênio e potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 23, n. 2, pp. 275-280, 2005.

FOYER, C. H. e SHIGEOKA, S. Understanding Oxidative Stress and Antioxidant Functions to Enhance Photosynthesis. **Plant Physiology**. v. 155, pp. 93-100. Janeiro, 2011.

FRANCIS, F. J. Anthocyanins as food colors. New York: **Academic press**, 1982.

FURLANI Jr., R.; NAKAGAWA, E. J.; BULHOES, L. J.; MOREIRA, J. A. A.; FILHO, H. G. Correlation between chlorophyll content nitrogen levels applied on bean leaves. **Bragantia** 55:171–175. 1996.

GASPAR, T.; PENEL, C.; CASTILLO, F. J.; GREPPIN, H. A two-step control of basic and acidic peroxidases and its significance for growth and development. **Physiology of Plant**. v. 64: pp. 418-423. 1985.

GIL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**. v.48, pp. 909-930, 2010.

GIUFFRIDA, D.; DUGO, P.; TORRE, G.; BIGNARDI, C.; CAVAZZA, A.; CORRADINI, C.; DUGO, G. Characterization of 12 Capsicum varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. **Food Chemistry**, v. 140, p. 794-802. 2013.

HALLIWELL, B. e GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in Biology and Medicine**. Oxford: Clarendon Press. 543 p. 1989.

HAMILTON, J.G.; ZANGERL, A.R.; DELUCIA, E.H.; BERENBAUM, M.R. The carbon-nutrient balance hypothesis: its rise and fall. **Ecology Letters**, v.4, p.86-95, 2001.

HERNÁNDEZ, A. M.; PRIETO GONZÁLES, E. A. Plantas que contienen polifenoles. **Revista Cubana de Investigaciones Biomedica**, Ciudad de La Habana, v.18, n. 1, p. 12-14, 1999.

Instituto Brasileiro de Geografia e estatística - IBGE. **Censo agropecuário de 2006/2007**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatística/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf> Acesso em 03 de fevereiro de 2017.

JIMÉNEZ M. e GARCÍA-CARMONA, F. Oxidation of the flavonol quercetin by polyphenol oxidase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Jan;47(1), pp. 56-60. 1999.

KANDIL, F.E.; GRACE, M.H.; SEIGLER, D.S.; CHEESEMAN, J.M. Polyphenolics in *Rhizophora mangle* L. leaves and their changes during leaf development and senescence. **Trees**, v.18, p.518-528, 2004.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; FETT R. Antioxidant capacity (ORACFL) of frozen fruits" pulps. *Nutrire: Revista Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição*. J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 31, n. 1, p. 53-64, abr. 2006.

LIX, L. M. e SOJOBI, T. T. Discriminant analysis for repeated measures data: A review. *Psychology*. 1: 146. 2010.

LOIZZO, M. R.; PUGLIESE, A.; BONESI, M.; MENICHINI, F.; TUNDIS, R. Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers. *Food Science and Technology*. v. 64, pp. 623-631. 2015.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2015. 492 p.

LOVATO, C. Influência do ambiente no desenvolvimento da planta de batata. *Ciência Rural*. Santa Maria. v. 23, n. 1, p. 101-106. Apr. 1993.

MACHLIN, L.J. e BENDICH, A. **Free radical tissue damage: protective role of antioxidante nutrients**. FASEB J. 1 ed., p. 441-445. 1987.

MAEDA, H. e DUDAREVA, N. The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. *Plant Biology*. v. 63, pp. 73–105, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 638p. 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos,1997. 319p.

MALLICK, N.; RAI, L. C. Response of the antioxidant systems of the nitrogen fixing cyanobacterium *Anabaena doliolum* to the copper. *Journal of Plant Physiology*. Madison, v. 155, pp. 146-149. 1999.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de Pimentão. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, v.25, n.3, pp.642-650, set./dez. 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press. 889 p. 1995.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; SANTANA, A. P. M. Antioxidant capacity of vegetables commonly consumed. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 26, pp. 639–644. 2006.

MELO, C.M.T.; COSTA, L.A.; BONNAS, D.S.; CHANG, R. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de pimentas *Capsicum chinense* (bode), *Capsicum baccatum* variedade praetermissum (cumari) e *Capsicum frutescens* (malagueta). **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-6, 2011.

MESQUITA, J. C. P. de. **Caracterização morfoagronômica e diversidade genética em populações F3 de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.)**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015. 80f.

MIKKONEN, S.; LEHTINEN, K. E. J.; HAMED, A.; JOUTSENSCARI, J.; FACCHINI, M.C.; HAAKSONEN, A. Using discriminant analysis as a nucleation event classification method. *Atmospheric Chemistry and Physics*. v. 6, pp. 5549-5557. 2006.

MORAIS, L. K. de; MOURA, M. F.; VENCOSKY, R.; PINHEIRO, J. B. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja avaliada pelo método de Toler. *Bragantia*, Campinas. v. 67, n. 2, p. 275-284, 2008.

MOURA, A. P. de; MICHEREFF FILHO, M.; GUIMARAES, J. A.; AMARO, G. B.; LIZ, R. S. de. Manejo integrado de pragas de pimentas do gênero *Capsicum*. **Circular técnica**. Embrapa Hortaliças, n. 115, 14 p. 2013.

NAGATA, M. e YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Journal of the Japan Society for Food Science Technology**. 121:1117–1121. 1992.

NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; BARBIERI, R. L.; VIZZOTTO, M.; FETTER, M. R.; CORBELINI, D. D. Variabilidade genética para compostos antioxidantes em variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*). **Horticultura Brasileira**. v. 33, pp. 415-421. 2015.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. (Coord.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p.189-253.

NUNES JÚNIOR, E. S.; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, F. de A. de; LIMA, L. A., B.; FRANCISCO, M. S.; ALVES, RITA de C. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 21n. 3, pp.186-190. 2017.

OLIVEIRA, F. de A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. da S. SILVA, da SILVA, R. C. P.; LIMA, C. J. G. de S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.11, p.1152–1159, 2013.

PADILHA, H. K. M.; PEREIRA, E. dos S.; MUNHOZ, P. C.; VIZZOTTO, M.; VALGAS, R. A.; BARBIERI, R. L. Genetic variability for synthesis of bioactive compounds in peppers (*Capsicum annuum*) from Brazil. **Food Science and Technology**. Campinas, v. 35, n.3, pp. 516-523, Jul.-Set. 2015.

PARR, A. J. e BOLWELL, G. P. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenol content or profile. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 80, pp. 985-1012. 2000.

PAULA, T. P.; PERES, W. A. F, CARMO, M. G. T. Carotenoids in treatment and prevention of cancer. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**. v. 19(2), pp.100-8. 2004.

PAULINO, R. da C. **Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em pimentão adubado com doses de nitrogênio e fósforo**. Tese (doutorado) em Agronomia: Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 51 f. 2016.

PEIXOTO, C. P. e PEIXOTO, M. F. S. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. In: CARVALHO, C. A. L de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de. (Org.). **Tópicos em Ciências Agrárias**. Cruz das Almas, BA: Editora Nova Civilização. p. 37-53. v. 1. 2009.

PELLISSARI, F. M.; RONA, M. S. S.; MATIOLI, G. O licopeno e suas contribuições na prevenção de doenças. **Arquivos do MUDI**. v.12, n.1, pp.5-11. 2008.

PINTO, C. M. F.; BARBOSA, J. M.; MESQUITA D. Z.; OLIVEIRA, F.; MAPELI A. M.; SEGATTO F. B.; BARBOSA, J. G. Produção e qualidade de pimentas ornamentais comestíveis cultivadas em recipientes de diferentes volumes. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. V.16, n.1. pp.113-122. 2010.

PINTO, C. M. F. e MARTINS, R. C. Agronegócio Pimenta em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2 (Suplemento - CD ROM), 2011.

PORTO, J.; REBOUÇAS, T. N. H.; MORAES, M. O. B.; BOMFIM, M. P.; LEMOS, O. L.; LUZ, J. M. Q. Quality and antioxidant activity of tomato cultivated under different sources and doses of nitrogen. **Revista Caatinga**. v. 29(4), pp. 780-788. 2016.

- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2017). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 27 de novembro de 2017.
- RAMALHO, V. C. e JORGE, N. Antioxidants used in oils, fats and fatty foods. **Química Nova**. v. 29(4), pp. 755-760. 2006.
- RÊGO, E. R. 2001. **Diversidade, herança e capacidade combinatória em pimenta (*Capsicum baccatum*)**. Tese (doutorado) em Melhoramento Vegetal. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 117p. 2001.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.). **Capsicum: Pimentas e Pimentões no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia/ EMBRAPA Hortaliças. 133p. 2000.
- RIBEIRO, C. S. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Genética e melhoramento. In: RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, S. C. A.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. (org). **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 55-69. 2008.
- RICE-EVANS, C.; NICOLAS, J.; MILLER, J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radic. Biology and Medicine**. v.20, p.933-956, 1996.
- ROBARDS, K. Strategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. **Journal of Chromatography A**. v.1000, pp. 657–691. 2003.
- RODRIGUES-AMAYA, D. B. **Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos / Délia B. Rodrigues-Amaya, Mieko Kimura e Jaime Amaya-Farfan [autores]; Lidio Coradin e Vivian Beck Pombo, Organizadores**. – Brasília: MMA/SBF.100 p. 2008.
- RODRÍGUEZ-BURRUEZO, A.; GONZÁLEZ-MAS, Del C.; NUEZ, F. Carotenoid composition and vitamin A value in ají (*Capsicum baccatum* L.) and Rocoto (*C. pubescens* R. & P.), 2 Pepper Species from the Andean Region. **Journal of Food Science**, v.75, n.8, S446-S453, Oct. 2010.
- RUFINO, J. L. S. e PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário**, v.27, p.7-15, 2006.
- RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E. BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. de G. PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. (Comunicado técnico online – Embrapa). Fortaleza-CE, julho 2007. Disponível em http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Ct_126.pdf Acesso em 05 de outubro de 2016.
- SANTOS, P. R.; MELO, R. A.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; FERREIRA, I. V. S.; SILVA, F. S.; LIMA FILHO, F. P.; MENEZES, D. Desempenho de linhagens e híbridos de pimentão em dois sistemas de poda no cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**. v. 35, pp.129-134. 2017.
- SCAPIN, C. A.; PACHECO, C. A. P.; AMARAL JUNIOR, A. T. do; VIEIRA, R. A.; PINTO, R. J. B.; CONRADO, T. V. Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. **Euphytica**, Netherlands, v. 174, n. 2: pp. 174-209. 2010.
- SHRIDHAR, B. S. Review: Nitrogen fixing microorganisms. **International Journal of Microbiological Research**. v. 3 (1), pp. 46-52, 2012.
- SIKORA, E.; CIESLIK, E.; LESZCZYNSKA, T.; FILIPIAK-FLORKIWUACZ, A.; PISULEWSKI, P.M. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables

subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry**, London, v. 107, p. 50-55, 2008.

SILVA NETO, J. J.; RÊGO, E. R.; NASCIMENTO, M. F.; SILVA FILHO, V. A. L.; ALMEIDA NETO, J. X.; RÊGO, M. M. Variabilidade em população base de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annum*). **Revista Ceres**. v. 61, pp. 84-89. 2014.

SMIRNOFF, N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. **New Phytologist**, Cambridge, v.125, p.27-58, 1993.

SOUZA, S. R. e FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 215-252. 2006.

SUDRÉ, C. P.; GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RIVA-SOUZA, E.M.; BENTO, C. S. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp. as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. **Genetics and Molecular Research** 9: 283-294. 2010

SURH, Y. J.; LEE, E.; LEE, J. M. The capsaicin study. **Mutation Research**. v. 41, pp. 259-267. 2002.

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

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p

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

TANKSLEY, S. D. High rates of cross-pollination in chile pepper. **Hort Science, Alexandria**, v. 19, n. 4, p. 580-582, 1984.

TUNDIS, R.; MENICHINI, F.; BONESI, M.; CONFORTI, F.; STATTI, G.; MENICHINI, F.; LOIZZO, M. R. Antioxidant and hypoglycaemic activities and their relationship to phytochemicals in *Capsicum annum* cultivars during fruit development. **Food Science and Technology**. v. 53, pp.370–7. 2013.

VAN ACQUIRE, S. A. Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. **Free Radical Biology and Medicine**. v. 20, pp. 331-342. 1996.

VERA-GUZMÁN, A. M.; CHÁVEZ-SERVIA, J. L.; CARRILLO-RODRÍGUEZ, J. C.; LÓPEZ, G, M. Phytochemical Evaluation of Wild and Cultivated Pepper (*Capsicum annum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. **Chilean journal of agricultural research**. v. 71, n. 4, pp. 578-585. 2011.

VIANA, F.M.P.; FREIRE, F.C.O.; PARENTE, G.B. Controle das principais doenças do pimentão cultivado nas Regiões Serranas do Ceará. **Embrapa Agroindústria Tropical**, (Série Embrapa - Comunicado Técnico). Fortaleza, 4 p. 2007.

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

XAVIER, V. C.; FERREIRA, O. G. L.; MORAES, R. M. D.; MORSELLI, T. B. G. A. Concentração da solução nutritiva no cultivo hidropônico de pimenta ornamental. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 13, n. 1, p. 24-32, 2006.

YAMAMOTO, Y., HACHIYA, A., HAMADA, H. & MATSUMOTO, H. Phenylpropanoids as a protectant of aluminum toxicity in cultured tobacco cells. **Plant Cell Physiology**. v. 39 n. 9, pp. 950-957. 1998,

ZIMMER, A. R.; LEONARDI, B.; MIRON, D.; SCHAPOVAL, E.; DE OLIVEIRA, J. R.; GOSMANN, G. Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: from traditional use to scientific approach. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 139, pp. 228–33, 2012.