

MAYANA FERREIRA NASCIMENTO

**VARIABILIDADE GENÉTICA, AÇÃO DO PACLOBUTRAZOL E DO
ETILENO NA ARQUITETURA DA PLANTA E NA LONGEVIDADE DE
*CAPSICUM SPP. E SOLANUM PSEUDOCAPSICUM***

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

N244v
2018 Nascimento, Mayana Ferreira, 1989-
Variabilidade genética, ação do paclobutrazol e do etileno
na arquitetura da planta e na longevidade de *Capsicum spp.* e
Solanum pseudocapsicum / Mayana Ferreira Nascimento. –
Viçosa, MG, 2018.
viii, 61f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Cláudio Horst Bruckner.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Pimenta. 2. *Capsicum*. 3. *Solanum pseudocapsicum*.
4. Diversidade genética. 5. Plantas ornamentais - Crescimento.
6. Etileno. 7. Fungicida. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Genética e Melhoramento. II. Título.

CDD 22 ed. 633.84

MAYANA FERREIRA NASCIMENTO

**VARIABILIDADE GENÉTICA, AÇÃO DO PACLOBUTRAZOL E DO
ETILENO NA ARQUITETURA DA PLANTA E NA LONGEVIDADE DE
CAPSICUM SPP. E *SOLANUM PSEUDOCAPSICUM***

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 22 de fevereiro de 2018



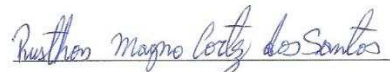
Tânia Pires da Silva



Teresa Drummond Correia Mendes



Fernando Luiz Finger
(coorientador)



Rusthon Magno Cortez dos Santos



Claudio Horst Bruckner
(Orientador)

*A Deus pelo privilégio a vida, sabedoria, saúde para cumprir minhas metas e
obrigações e força nos momentos difíceis.
Aos meus pais Maria José e Severino da Luz.
As minhas irmãs Mayra e Moniky.*

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

Aos meus pais pela educação base para minha vida e apoio nos meus estudos.

As minhas irmãs Mayra e Moniky pelo amor e companheirismo.

Aos demais familiares que sempre me incentivaram e torceram pela minha vitória.

As minhas amigas Nayla, Samara e Naysa pelo carinho, amizade e companheirismo.

Em especial a Naysa pelos tantos anos de companheirismo, estudo e amizade tão sincera e verdadeira, por estar sempre tão presente em minha vida, mesmo distante.

Aos meus amigos paraibano Wellington, Rusthon e João José, pelos momentos vividos, por todo suporte nos dias difíceis e pela amizade verdadeira.

As minhas queridas amigas de república, Helen, Glenda, Emily, Fernanda, Bianca, Pollyanna e Camilla, vocês deixaram meus dias em Viçosa mais leves, foram anos maravilhosos de muito companheirismo, estarão para sempre no meu coração.

Aos grandes amigos que fiz em Viçosa, Tiago, Emilly, Fabiene, Karla, Mari. Em especial a Thais, por sua bondade, pelas horas de estudos juntas, por estar sempre disponível a ajudar e pela amizade sincera.

Aos amigos do laboratório de fisiologia pós-colheita. Em especial a Fernanda, Mirelle e Adriana, grata pelo apoio, amizade e pelos vários momentos de alegria vividos.

Ao Édimo, pelos aconselhamentos estatísticos.

Ao meu orientador Cláudio Horst Bruckner, pela acolhida, confiança e orientação, estando sempre disposto a ajudar.

Ao meu coorientador Fernando Luiz Finger, por sua dedicação, orientação e generoso acolhimento, pela confiança depositada em mim e pelo apoio ao longo desta jornada.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, aos técnicos e demais funcionários da Universidade Federal de Viçosa.

À Universidade Federal de Viçosa pela acolhida e oportunidade para realização deste trabalho.

À banca pelas valiosas sugestões e trabalho dedicado a avaliação do presente estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
Introdução Geral	1
Referências	4
ARTIGO 1	7
Diversidade genética em cultivares de pimenta via componentes principais e análise de agrupamento	7
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 - Introdução.....	8
2 - Material e Métodos.....	10
3 - Resultados e Discussão	12
4 - Conclusão	20
5 - Referências	20
ARTIGO 2	25
Efeitos do paclobutrazol em espécies de pimenta cultivadas em vaso	25
RESUMO	25
ABSTRACT	25
1 - Introdução.....	26
2 - Material e Métodos.....	27
3 - Resultados e Discussão	29
4 - Conclusão	41
5 - Referências	42
ARTIGO 3	45
Sensibilidade ao etileno em cultivares de pimenta de vaso tratadas com paclobutrazol	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT	46
1 - Introdução.....	46
2 - Material e Métodos.....	48
3 - Resultados e Discussão	49
4 - Conclusão	58
5 - Referências	58
Conclusão geral	61

RESUMO

NASCIMENTO, Mayana Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Variabilidade genética, ação do paclobutrazol e do etileno na arquitetura da planta e na longevidade de *Capsicum spp.* e *solanum pseudocapsicum*.** Orientador: Cláudio Horst Bruckner. Coorientador: Fernando Luiz Finger.

O gênero *Capsicum* apresenta ampla variabilidade genética. Muitas variedades de pimenta apresentam potencial ornamental, porém altura excessiva para cultivo em vasos, conforme exigência do mercado. Além da necessidade de variedades com altura adequada, algumas espécies de pimenta apresentam baixa durabilidade na fase de pós-produção, principalmente devido a exposição ao etileno. Assim, o objetivo do trabalho foi estimar a variabilidade genética entre cultivares de pimenta via componentes principais com posterior análise de agrupamento; determinar o efeito do paclobutrazol (PBZ) sobre as características agrônômicas e morfológicas; e avaliar a sensibilidade ao etileno durante a vida pós-produção em pimentas de vaso tratadas com PBZ nas concentrações 5, 10 e 20 mg L⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Doze cultivares foram primeiramente avaliadas quanto a nove características morfoagronômicas. A aplicação do PBZ foi realizada em quatro genótipos, organizando-se em esquema fatorial 4 x 4, com quatro cultivares e quatro doses de PBZ (0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹). A sensibilidade ao etileno foi organizada em esquema fatorial 11 x 4, com onze cultivares e quatro doses de PBZ. As plantas foram colocadas em câmaras fechadas e expostas à concentração de 10 µL L⁻¹ de etileno por 48 horas. Foi realizada a contagem do número de folhas e frutos no tempo zero, 48, 96 e 144 horas após exposição ao etileno. A análise de componentes principais foi eficiente e mostrou que os dois primeiros componentes principais acumularam 70% da variância total. O método de agrupamento de UPGMA resultou na formação de cinco grupos distintos, indicando a existência de variabilidade genética entre os cultivares e mostrando que os cultivares tem potencial para serem utilizados em programas de melhoramento de pimenteiras com fins ornamentais. Houve efeito significativo das doses de PBZ em todas as características avaliadas. A dose de 5 mg L⁻¹ foi a mais efetiva na redução da altura da planta para o cultivar Peloteira (*S. pseudocapsicum*), enquanto que as doses 5, 10 e 20 mg L⁻¹ foram melhores para Pérola Negra (*C. annum*) e Rocoto Vermelha (*C. pubescens*) e 10 e 20 mg L⁻¹ para Malagueta (*C. frutescens*). Os resultados mostraram que as espécies de pimenta respondem de forma diferente à ação do BPZ dependendo da morfologia das plantas. Nas plantas controle, o

cultivar Peloteira apresentou maior resistência ao etileno, com abscisão foliar de 19% após 144 horas de exposição ao etileno. Os cultivares Peloteira, Jalapeño, Stromboli ornamental, Malagueta e Rocoto vermelha apresentaram menor porcentagem de abscisão de frutos, variando entre 9 e 36% 144 horas após exposição ao etileno. O uso de PBZ não impediu completamente os efeitos deletérios do etileno nas plantas. Porém, o cultivar Pérola Negra apresentou sensibilidade moderada, quando comparadas com as plantas controle, para abscisão de folhas e frutos nas doses 5, 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ. O PBZ impediu de forma moderada, quando comparadas as plantas controle, a abscisão de frutos da pimenta Pirâmide ornamental nas doses 5 e 10 mg L⁻¹, e da pimenta Tabasco na concentração 10 mg L⁻¹.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Mayana Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Genetic variability, paclobutrazol and ethylene action on plant architecture and longevity of *Capsicum* spp. and *Solanum pseudocapsicum*.** Adviser: Cláudio Horst Bruckner. Co-adviser: Fernando Luiz Finger.

The genus *Capsicum* presents wide genetic variability. Many varieties pepper have ornamental potential, but height excessive for potted, as required by the market. In addition to the need for varieties with adequate height, some pepper species exhibit low durability in the post-production phase, especially when the exposed to ethylene.

Thus, the objective of the work was to estimate the genetic variability among pepper cultivars via principal components with subsequent cluster analysis; determine the effect of paclobutrazol (PBZ) on agronomical and morphological traits in peppers; and to evaluate the sensitivity to ethylene during post-production life in potted peppers treated with PBZ at concentrations 5, 10 and 20 mg L⁻¹. The experimental design was completely randomized. Twelve cultivars were first evaluated for nine morphoagronomic characteristics. The application of PBZ was arranged in a factorial design 4 x 4, with four cultivars and four doses of PBZ (0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹). The sensitivity to ethylene was organized in a factorial scheme 11 x 4, with eleven cultivars and four doses of PBZ. The plants were placed in closed chambers and exposed to the concentration of 10 µL L⁻¹ of ethylene for 48 hours. Afterwards, counting the number of leaves and fruits at time zero, 48, 96 and 144 hours after exposure to ethylene. Principal component analysis was efficient and showed that the first two major components accumulated 70% of the total variance. The UPGMA grouping method resulted the formation of five distinct groups, indicating the existence of genetic variability among the cultivars and showing that the cultivars have the potential to be used in breeding programs of pepper plants with ornamental purposes. There was a significant effect of the PBZ doses in all evaluated characteristics. The dose of 5 mg/L⁻¹ was the most effective in reducing plant height for the cultivar Peloteira (*S. pseudocapsicum*), while the dose of 5, 10 and 20 mg L⁻¹ was the best for Pérola Negra (*C. annuum*) and Rocoto Vermelha (*C. pubescens*) and 10 e 20 mg L⁻¹ for Malagueta (*C. frutescens*). The results showed that peppers species respond differently to BPZ depending on their plant morphology. Control plants, the cultivar Peloteira presented greater resistance to ethylene, with leaf abscission of 19%, after 144 hours of exposure to ethylene. The cultivars Peloteira, Jalapeño, Ornamental Stromboli,

Malagueta and Rocoto Vermelha showed a lower percentage of fruit abscission, varying between 9 and 36%, after 144 hours of exposure to ethylene. The use of PBZ did not completely prevent the deleterious effects of exogenous ethylene on plants. However, the cultivar Pérola Negra showed a moderate sensitivity, when compared to control plants, for leaf and fruit abscission at doses 5, 10 and 20 mg L⁻¹ of PBZ. Similarly, for leaf abscission, the red Bode pepper in the 10 mg L⁻¹ concentration. The PBZ moderately prevented, when compared to control plants, the fruit abscission of the Pirâmide ornamental at doses 5 and 10 mg L⁻¹ and tabasco pepper at concentration 10 mg L⁻¹.

Introdução Geral

A pimenta está presente na culinária brasileira há mais de 500 anos, incluindo-se significativamente no mercado de hortaliças frescas do Brasil. Mundialmente falando, as pimentas compõem também uma importante parte do mercado de condimentos, temperos e conservas (Dutra *et al.*, 2011; Rebouças *et al.*, 2013). Além disso, a pimenta tem grande valor nutricional, com frutos ricos em vitamina A, B1, B2, C, E, além de possuir a capsaicina, composto responsável pela ardência dos frutos. Além de possuir propriedades analgésicas e energéticas, favorece a redução de coágulos no sangue, estimula a produção de endorfina no cérebro, é antioxidante, anti-inflamatório e anticancerígeno (Hervert-Hernández *et al.*, 2010).

Além da comercialização dos frutos, as pimenteiras podem ser utilizadas como plantas ornamentais, devido ao seu pequeno porte, frutos eretos e vistosos e folhas que podem apresentar colorações e tamanho variados (Stommel e Bosland, 2006; Nascimento *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2013). Todos esses atributos, aumentam a demanda do mercado interno e externo pela pimenta. No Brasil, o cultivo vem sendo realizado por pequenos, médios e grandes produtores, se ajustando aos modelos de agricultura familiar e integração das grandes empresas com os pequenos produtores, tornando-se uma atividade bastante rentável (Valverde, 2011).

No ano de 2016, o mercado produtivo de flores e plantas ornamentais no Brasil movimentou R\$ 6,7 bilhões, com crescimento de 8% sobre os resultados do ano de 2015. No ano de 2017, o faturamento previsto foi de R\$ 7,2 bilhões. Esses números ainda são considerados baixos (R\$ 26,50 por habitante) se comparado ao consumo em outros países da Europa, onde o consumo médio é de R\$ 150,00 por habitante (Ibraflor, 2017).

No setor de plantas ornamentais nacional, o principal uso das pimenteiras tem sido em vasos, e nos últimos anos, têm-se utilizado também como ornamental de corte para composição de arranjos florais diversos, como já vem ocorrendo nos Estados Unidos (Wien e Mazourek, 2013). Qualquer espécie do gênero *Capsicum* pode ser utilizada para o cultivo em vaso, entretanto a *Capsicum annuum* é a espécie mais requisitada devido à sua grande variabilidade de formas e cores de frutos, além de seu pequeno porte (Finger *et al.*, 2012).

Apesar da importância econômica e alimentícia, a cultura da pimenta ainda é pouco estudada. A variabilidade existente no gênero *Capsicum* tem estimulado alguns

programas de melhoramento, com objetivos de melhorar a produção, a resistência à doenças e pragas, a qualidade dos frutos, além do lançamento de novas variedades com potencial para ornamentação (Leite *et al.*, 2016; Medeiros *et al.*, 2014; Moura *et al.*, 2010; Rêgo *et al.*, 2013). Para tanto, é de suma importância estudos de caracterização de acessos com intuito de determinar a diversidade genética para identificação dos acessos úteis para condução em programas de melhoramento.

O conhecimento da diversidade genética no gênero *Capsicum* fornece informações úteis na identificação de genitores divergentes para serem utilizados em cruzamentos. A obtenção de maior efeito heterótico nas gerações híbridas aumenta a probabilidade de obtenção de genótipos superiores em gerações segregantes (Costa *et al.*, 2015; Rêgo *et al.*, 2009). A hibridação é um método de melhoramento amplamente utilizado em pimentas para desenvolvimento de novas cultivares (Nascimento *et al.*, 2015a; Santos *et al.*, 2014).

A avaliação da diversidade genética entre ou dentro de espécies *Capsicum* pode ser realizada utilizando várias características agrônomicas, morfológicas e moleculares (Costa *et al.*, 2015; Leite *et al.*, 2016; Nascimento *et al.*, 2015a). Métodos multivariados também podem ser aplicados na quantificação da diversidade, dentre eles as análises de agrupamento (cluster analysis) e componentes principais (Cruz *et al.*, 2012).

As análises de agrupamento ou métodos aglomerativos envolvem duas etapas, a estimação de medidas de similaridade ou dissimilaridade entre as amostras, como a distância euclidiana média ou a distância generalizada de Mahalanobis, dentre outras. E posteriormente, adota-se uma técnica de agrupamento para formação dos grupos (Cruz *et al.*, 2011; Cruz *et al.*, 2012). Dos métodos de agrupamento, os mais utilizados são os hierárquicos e os de otimização (Cruz *et al.*, 2011).

A análise de componentes principais é uma técnica que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de mesma dimensão. O objetivo é avaliar a similaridade dos progenitores por intermédio de uma dispersão gráfica, em que se consideram, em geral, dois eixos cartesianos. Além disso, a análise permite inferir quais caracteres são responsáveis pela maior parte da divergência encontrada, podendo-se fazer o descarte de características que pouco contribuíram para diversidade dos genótipos (Cruz *et al.*, 2012), proporcionando economia relativa de tempo e custo.

A curto prazo, uma alternativa para obtenção de pimentas com porte ornamental, seria através da aplicação de reguladores de crescimento. Estes reguladores são compostos sintéticos que agem em diferentes locais nas plantas e são utilizados com

intuito de reduzir o crescimento vegetativo e promover os processos de floração e frutificação (Silva *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2011). A eficiência dos reguladores de crescimento varia de acordo com a espécie, cultivar, o modo de aplicação, concentração utilizada e estágio de desenvolvimento da planta. Entre os reguladores mais utilizados encontra-se o paclobutrazol (Rademacher, 2000).

O paclobutrazol pertence ao grupo químico dos triazóis, caracterizado por uma estrutura em anel contendo três átomos de nitrogênio, chlorophenyl e cadeias laterais de carbono (Davis e Curry, 1991; Fletcher *et al.*, 2000). Este regulador bloqueia a biossíntese de ácido giberélico, interferindo nos três primeiros passos da rota de oxidação do caureno, impedindo a formação de ent-caurenol, ent-caurenal e ácido entcaurenóico. Essas reações são catalisadas pela enzima caureno oxidase, que é inibida pela ação dos triazóis (Graebe, 1987; Rademacher, 1997).

O paclobutrazol pode ser aplicado às plantas através das raízes, folhas, troncos, ramos ou de órgãos de propagação, como sementes, bulbos e tubérculos (Seleguini, 2007). A aplicação do PBZ no solo e subsequente absorção pelas raízes resulta em efeitos mais eficientes (Grossi *et al.*, 2005; Pardos *et al.*, 2005). Quando aplicadas em doses adequadas, promove a redução da planta sem afetar as outras características.

O etileno é um hormônio importante no crescimento, desenvolvimento, amadurecimento do fruto e no processo de senescência, porém em excesso acelera a senescência de frutos, flores e folhas (Serek *et al.*, 2006) e reduz a vida de vaso em muitas espécies de flores de corte (Dole *et al.*, 2005). Na fase de pós-produção, quando os vasos são transportados para ambientes interiores fechados e com baixa luminosidade, fatores como etileno afetam a qualidade e a vida de vaso das plantas ornamentais (Hoyer, 1996), limitando a comercialização das pimenteiras ornamentais.

O murchamento da planta, amarelecimento das folhas, epinastia, abscisão de folhas, flores e frutos, entre outros fatores, são as implicações comerciais da ação deletéria do etileno em plantas sensíveis, que se tornaram causas limitantes na comercialização das pimenteiras ornamentais (Nascimento *et al.*, 2015b). Diante disto, surge a necessidade de estudos que visem a seleção de plantas resistentes ao etileno ou resistentes ao etileno após aplicação de PBZ.

Referências

- Costa MPSD; Rêgo MM; Silva APG; Rêgo ER; Barroso PA. 2016. Characterization and genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp) parents and interspecific hybrids. *Genetics and Molecular Research*, 15 (2): gmr.15027652.
- Cruz CD; Ferreira FM; Pessoni LA. 2011. *Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética*. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 620p.
- Cruz CD; Regazzi AJ; Carneiro PCS. 2012. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4th edn. UFV, Viçosa, 514p.
- Davis T; Curry E. 1991. E. Chemical regulation of vegetative growth. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 10(2):151-158.
- Dole JM; Fonteno WC; Blankenship SM. 2005. Comparison of silver thiosulfate with 1-methycyclopropene on 19 cut flower taxa. *Acta Horticulturae*, 682:949-953.
- Dutra Filho JÁ; Melo LJOT; Resende LV; Anunciação Filho CJ; Bastos GQ. 2011. Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, 42(1): 185-192.
- Finger FL; Rêgo ER; Segatto FB; Nascimento NFF; Rêgo MM. 2012. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. *Informe Agropecuário*, 33: 14-20.
- Fletcher RA; Gilley A; Sankhla N; Davis T. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural reviews*, 24: 55-138.
- Graebe JE. 1987. Gibberellin biosynthesis and control. *Annual Review of Plant Physiology*, 38: 419-465.
- Grossi JAS; Moraes PJ; Tinoco SA; Barbosa JG; Finger FL; Cecon PR. 2005. Effects of paclobutrazol on growth and fruiting characteristics of ‘Pitanga’ ornamental pepper. *Acta Horticulturae*, 683: 333-336.
- Hervert-Hernández D; Sáyago-Ayerdi SG; Goñi I. 2010. Bioactive Compounds of Four Hot Pepper Varieties (*Capsicum annuum* L.), Antioxidant Capacity and Intestinal Bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 3399-3406.
- Hoyer L. 1996. Critical ethylene exposure for *Capsicum annuum* “Janne is dependente on na interaction between concentration, duration and developmental stage. *Horticultural & Science Biotechnology*, 71: 621-628.
- Instituto Brasileiro de Floricultura, IBRAFLOR. *O mercado de flores no Brasil*. Available in: <http://www.ibraflor.com/site/wp-content/uploads/2017/11/release-imprensa-ibraflor-10-2017.pdf>, acesso em 20 de novembro de 2017.
- Leite PSS; Rodrigues R; Silva RNO; Pimenta S; Medeiros AM; Bento CS; Gonçalves LSA. 2016. Molecular and agronomic analysis of intraspecific variability in *Capsicum*

baccatum var. *pendulum* accessions. *Genetics and Molecular Research*, 15(4): gmr.15048482.

Medeiros AM; Rodrigues R; Gonçalves LSA; Sudré CP; Oliveira HS; Santos MH. 2014. Gene effect and heterosis in *Capsicum baccatum* var. *Pendulum*. *Ciência Rural*, 44(6): 1031-1036.

Moura MCCL; Gonçalves LSA; Sudré CP; Rodrigues R; Amaral Júnior AT; Pereira TNS. 2010. Algoritmo de Gower na estimativa da divergência genética em germoplasma de pimenta. *Horticultura Brasileira*, 28: 155-161.

Nascimento NFF; Nascimento MF; Rêgo ER; Santos RMC; Bruckner CH; Finger FL; Rêgo MM. 2013. Flower Color Variability in Double and Three-Way Hybrids of Ornamental Peppers. *Acta Horticulturae*, 1000: 457-464.

Nascimento MF; Nascimento NFF; Rêgo ER; Bruckner CH; Finger FL; Rêgo MM. 2015a. Genetic Diversity in a Structured Family of Six Generations of Ornamental Chili Peppers (*Capsicum annuum*). *Acta Horticulturae*, 1087:395-402.

Nascimento MF; Rêgo ER; Nascimento NFF; Santos RMC; Bruckner CH; Finger FL; Rêgo ER. 2015b. Correlation between morphoagronomic traits and resistance to ethylene action in ornamental peppers. *Horticultura Brasileira*, 33(2): 151-154.

Pardos JA. et al. 2005. Growth container-grown Cork Oak seedlings as affected by foliar and soil application of paclobutrazol. *HortiScience*, Alexandria, 40(6): 1773-1776.

Rademacher W. 1997. Bioregulation of crop plants with inhibitors of gibberellin biosynthesis. *Plant Growth Regulation Society of America*, 24: 27-31.

Rademacher W. 2000. Growth retardants: effects on Gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, 51: 501-531.

Rebouças TNH; Valverde RMV; Teixeira HL. 2013. Bromatologia da pimenta malagueta in natura e processada em conserva. *Horticultura Brasileira*, 31: 163-165.

Rêgo ER; Rêgo MM; Finger FL; Cruz CD; Casali VWD. 2009. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). *Euphytica*, 168: 275-287.

Rego ER; Rêgo MM; Finger FL; Nascimento NFF; Nascimento MF; Santos RMC. 2013. Phenotypic Variability and Importance of Characters in a F2 Segregating Generation of Ornamental Chili (*Capsicum annuum*). *Acta Horticulturae*, 1000: 493-498.

Santos RMC; Nascimento NFF; Borém A; Rêgo ER; Rêgo MM; Finger FL; Carvalho GC; Nascimento MF; Lemos RC. 2013. Ornamental pepper breeding: could a chili be a flower ornamental plant? *Acta Horticulturae*, 1000: 451-456.

Santos RMC, Rêgo ER, Borém A, Nascimento MF, Nascimento NFF, Finger FL and Rêgo MM. 2014. Epistasis and inheritance of plant habit and fruit quality traits in

ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.). *Genetics and Molecular Research*, 13(4): 8876-8887.

Seleguini, A. 2007. *Uso de paclobutrazol na produção de mudas, no crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido*. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira.

Serek M; Woltering EJ; Sisler EC; Frello S; Srisikandarajah S. 2006. Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. *Biotechnology Advances*, 24: 368 – 381.

Silva CMMS; Fay, EF; Jonsson, CM. 2003. *Paclobutrazol: regulador de crescimento vegetal*. In: Silva CMMS; Fay EF. (Eds.). *Impacto ambiental do regulador de crescimento vegetal paclobutrazol*. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 11-16.

Silva KS; Faria Junior MJA. 2011. Uso de paclobutrazol como estratégia para redução do porte e da brotação lateral de plantas de tomateiro. *Ciência e agrotecnologia*, 35(3): 539-546.

Stommel JR; Bosland PW. 2006. Ornamental pepper, *Capsicum annuum*. In: Anderson N. (Ed.). *Flower Breeding and Genetics: Issues, Challenges and opportunities for the 21 st Century*. Dordrecht, The Netherlands: *Springer*, 561-599.

Valverde RMV. 2011. *Composição bromatológica da pimenta malagueta in natura e processada em conserva*. 54 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia.

Wien C; Mazourek M. 2013. A new look at ornamental peppers. In: *The cut flower quarterly. Association of specialty cut flowers growers*. 25(1): 38-39.

ARTIGO 1

Diversidade genética em cultivares de pimenta via componentes principais e análise de agrupamento

Mayana Ferreira Nascimento¹; Rusthon Magno Cortez dos Santos¹; Édimo Fernando Alves Moreira²; Fernando Luiz Finger³; Claudio Horst Bruckner³

¹Laboratório de Análises de Progênes, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, Brasil; ³Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil.

RESUMO

O desenvolvimento de novas cultivares de pimentas e híbridos com características agronômicas e industriais de interesse depende da variabilidade disponível dos seus recursos genéticos. O gênero *Capsicum* apresenta ampla variabilidade genética, o estudo sobre a diversidade disponível entre os genótipos pode ser utilizado para posterior uso das informações em programas de melhoramento. O objetivo do trabalho foi estimar a variabilidade genética entre cultivares de pimenta via componentes principais e posterior análise de agrupamento. O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado, com 12 tratamentos (cultivares) e 5 repetições. Os genótipos foram avaliados quanto a nove características morfoagronômicas, sugeridas pelo International Plant Genetic Resources Institute. A análise de divergência genética entre os cultivares foi determinada pelas técnicas multivariadas, baseadas em análise de componentes principais e análise de agrupamento, via agrupamento hierárquico com ligação média (UPGMA). Todos os descritores quantitativos estudados foram significativos em 1% e 5%, pelo teste F. A análise de componentes principais foi eficiente e mostrou que os dois primeiros componentes principais acumularam 70% da variância total. O método de agrupamento de UPGMA propiciou a formação de cinco grupos distintos, indicando a existência de variabilidade genética entre os cultivares. Isso mostra que as cultivares estudadas tem potencial para serem utilizadas em programas de melhoramento de pimenteiras com fins ornamentais.

Palavras-chave: chilli, análise multivariada, diversidade genética, melhoramento.

ABSTRACT

The development of new pepper and hybrid cultivars with interest agronomic and industrial characteristics depends on the available genetic variability. The genus *Capsicum* has a wide genetic variability, the study of the available diversity among genotypes can be used for later use of the information in breeding programs. The objective of the work was to estimate the genetic variability among pepper cultivars via principal components with subsequent cluster analysis. The experiment was installed in a completely randomized design with 12 treatments (cultivars) and 5 replicates. The genotypes were evaluated for nine morphological and horticultural traits, suggested by the International Plant Genetic Resources Institute. The analysis of genetic divergence among the cultivars was determined by the multivariate techniques, based on principal components analysis and cluster analysis, via hierarchical grouping with average linkage (UPGMA). All quantitative descriptors studied were significant at 1% and 5% by the F test. Principal component analysis was efficient and showed that the first two major components accumulated 70% of the total variance. The UPGMA grouping method allowed the formation of five distinct groups, indicating the existence of genetic variability among the cultivars. It shows that the cultivars studied have the potential to be used in breeding programs of pepper plants with ornamental purposes.

Keywords: chilli, multivariate analyses, genetic diversity, breeding

1 - Introdução

As pimentas pertencem ao gênero *Capsicum*, família Solanaceae (Greenleaf, 1986), e compreendem cinco espécies domesticadas, *Capsicum annuum* L., *Capsicum frutescens* L., *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* e *Capsicum pubescens*. (Pickersgill, 1971), com características e distribuição distintas e desconhecido número de espécies selvagens (Heiser, 1979; Kraft *et al.*, 2014). As espécies domesticadas são cultivadas em todo mundo, sendo as *C. annuum*, *C. chinense* e *C. frutescens* as de maior cultivo na zonas tropicais e a *C. pubescens* a mais cultivada em climas temperados (Dagnoko *et al.*, 2013).

Os frutos das pimentas apresentam excelente fonte de metabolitos relacionados à saúde, como o ácido ascórbico, carotenóides, tocoferóis, flavonóides e capsaicinóides (Howard e Wildman, 2007). Os capsaicinóides, exclusivos do gênero *Capsicum*, são responsáveis pelos níveis de ardência dos frutos, que pode variar entre as espécies, dentro

das espécies e entre parte do fruto (Wahyuni *et al.*, 2011). A espécie *C. chinense* contém as cultivares mais ardentes (Canton-Flick *et al.*, 2008).

O cultivo e a busca por pimentas tem crescido de maneira significativa nos últimos anos, principalmente pela dupla finalidade, podendo ser utilizadas tanto na decoração de ambientes internos e jardins, como no consumo diário na culinária (Finger e Pereira, 2016). Isto agrega valor ao produto e conseqüentemente aumenta o retorno financeiro ao produtor, constituindo uma importante fonte de renda para pequenos agricultores (Finger *et al.*, 2012).

Uma restrição ao uso das pimentas na ornamentação é que apenas uma pequena parte das variedades se adapta ao cultivo em vaso. Além disso, características específicas como plantas com tamanho reduzido, folhas variegadas, frutos contrastando entre as folhagens e boa harmonia com o vaso são requeridas no mercado de ornamentais (Nascimento *et al.*, 2013; Rêgo e Rêgo, 2016).

Tais restrições podem ser contornadas pelo melhoramento genético. Em pimentas, tem-se realizado cruzamentos específicos entre cultivares contrastantes, para características desejadas, e após o avanço de várias gerações são obtidos os cultivares de interesse (Nascimento *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2015; Fortunato *et al.*, 2015).

Diferentes técnicas podem ser utilizadas para quantificar a variabilidade genética entre genitores. Dentre estas, a análise de componentes principais e os agrupamentos, são duas bastante utilizadas na literatura quando o conjunto de dados possui múltiplas variáveis respostas (Cruz *et al.*, 2012).

A análise de componentes principais é uma técnica multivariada que permite reduzir um grande conjunto de variáveis respostas, possivelmente correlacionadas, em um conjunto menor de variáveis representativas que coletivamente explicam a maior parte da variância dos dados originais (James *et al.*, 2013). Na representação gráfica dos componentes principais é possível realizar um agrupamento visual dos indivíduos.

A análise de agrupamento, que também usa a informação de múltiplas variáveis respostas, tem como objetivo discriminar geneticamente os cultivares. O agrupamento é feito de acordo com alguma medida de dissimilaridade, obtida previamente. Ao final, grupos de indivíduos são formados de maneira que indivíduos similares pertencerão ao mesmo grupo e indivíduos divergentes estarão em grupos distintos (Cruz *et al.*, 2012).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo estimar a variabilidade genética dos descritores morfoagronômicos de pimenta e avaliar a diversidade genética entre doze cultivares via componentes principais com posterior análise de agrupamento.

2 - Material e Métodos

2.1. Condução do experimento e Material biológico

Os dados deste trabalho foram provenientes de um experimento conduzido em casa de vegetação na Horta do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (20° 45' 47" LS e 42° 49' 13" LW). O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com 12 tratamentos e 5 repetições. A unidade experimental foi composta por uma planta cultivada em vaso.

Os tratamentos foram constituídos de doze cultivares comerciais de pimentas: Pérola Negra e Jalapeño (*Capsicum annuum*); Malagueta, Tabasco, Stromboli ornamental, Pirâmide ornamental (*Capsicum frutescens*); Rocoto vermelha e Rocoto amarela (*Capsicum pubescens*); Dedo de moça (*Capsicum baccatum*), Bode vermelha e Biquinho vermelha (*Capsicum chinense*) e Peloteira (*Solanum pseudocapsicum*).

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno com 200 células, contendo substrato comercial (Bioplant). Foram utilizadas duas sementes por célula sendo feito desbaste, se necessário, após a germinação. Quando as plantas atingiram o estágio de quatro pares de folhas definitivas, foram transplantadas para vasos de 700 ml, pote 13, (10 cm de altura, 9 cm de diâmetro basal e 12 cm diâmetro superior), sendo uma planta por vaso. Sempre que necessário foram realizados os tratos culturais recomendados à cultura.

Ao atingirem a fase adulta, os genótipos foram caracterizados baseado nos descritores para *Capsicum* pelo International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1995). Foram avaliadas as seguintes características quantitativas: altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), altura da primeira bifurcação (APB), obtidas através de régua graduada; diâmetro do caule (DCL), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR), medidos com paquímetro digital; número de frutos por planta (NFP), número de folhas por planta (NF), obtidos via contagem e produção (P).

2.2. Análise estatística

Para a quantificação da variabilidade genética existente nos descritores foram obtidas a variância genotípica, a variância fenotípica e a herdabilidade.

Herdabilidade:

$$h^2 = \frac{\delta_g^2}{\delta_f^2}$$

Onde:

δ^2_g = Variância genética

δ^2_f = Variância fenotípica

Estas medidas foram obtidas para cada descritor separadamente, via análise de variância com efeitos aleatórios para os cultivares. A análise foi processada a 1 e 5% de probabilidade com o auxílio do programa computacional Genes (Cruz, 2006).

Com o objetivo de avaliar a diversidade genética existente entre os cultivares foi utilizada a análise de componentes principais (ACP). Nesta análise foi utilizado o número de componentes principais (ACP) suficiente para explicar pelo menos 70% da variabilidade dos dados, conforme sugerido por Regazzi, (2000). Posteriormente a ACP os genótipos foram agrupados via agrupamento hierárquico com ligação média (UPGMA).

A construção do dendrograma é estabelecida pelo genótipo de maior similaridade. A distância entre um indivíduo k e um grupo, formado pelos indivíduos i e j , é fornecida por:

$$d_{(ij)k} = \text{média } d_{ik}; d_{jk} = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2}$$

Como medida de dissimilaridade entre os pares de genótipos foi utilizada a distância euclidiana.

Distância euclidiana:

$$d_{ii'} = \sqrt{\sum_j (Y_{ij} - Y_{i'j})^2}$$

Em que:

Y_{ij} = Valor da variável j para o indivíduo i

$Y_{i'j}$ = Valor da variável j para o indivíduo i'

A ACP e o UPGMA foram obtidas com o auxílio do software computacional R (R Core Team, 2015).

3 - Resultados e Discussão

Os dados da ANOVA contidos na Tabela 1 mostraram diferença significativa de acordo com o teste F ($p < 0,01$) para todos os caracteres analisados. Existe variabilidade genética entre os genótipos testados para os caracteres estudados (Figura 1), permitindo a exploração dessa variabilidade nos programas de melhoramento de pimenteiras (Rosmaina *et al.*, 2016). O conhecimento da diversidade de espécies de *Capsicum* é de grande interesse, particularmente para os bancos de germoplasma, pois disponibilizam aos pesquisadores o conhecimento sobre a variabilidade existente entre e dentro das populações, permitindo a seleção de genótipos superiores e conseqüentemente o aumento da frequência alélica favorável (Gonçalves *et al.*, 2008), auxiliando no progresso dos programas de melhoramento (Lim, 2013).

Tabela 1 – Quadrados médios, herdabilidade e coeficiente de variação para nove caracteres quantitativos em pimenteiras *Capsicum*.

Fonte de variação	Quadrado médio				
	AP	DC	APB	DCL	NF
Tratamento	1191.2**	801.8**	392.4**	0.084**	14110.6**
h ² (%)	95.7%	96.3%	94.1%	95.1%	91.7%
CVg/CVe	2.11	2.29	1.79	1.97	1.48
Fonte de variação	CFR	DFR	NFP	P	
Tratamento	11.5**	2.98**	3314.08**	5429.09**	
h ² (%)	97.3%	98.4%	94.2%	74.5%	
CVg/CVe	2.67	3.55	1.78	0.76	

AP - Altura de planta (cm); DC - diâmetro da copa (cm); APB - altura da primeira bifurcação (cm); DCL - diâmetro do caule (cm), NF - número de folhas (contagem); CFR - comprimento do fruto (cm); DFR - diâmetro do fruto (cm); NFP - número de frutos por planta (contagem); P - produção (P).

“ns”, “*” e “**” indica não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. h² – Herdabilidade.

As estimativas de herdabilidades foram superiores a 90% para todas as características, exceto para produção (P), 74% (Tabela 1). Isso indica pouca influência ambiental na expressão fenotípica das características. Sabe-se que a herdabilidade é propriedade do caráter, sendo válida apenas para a população e as condições ambientais as quais os indivíduos foram submetidos (Cruz *et al.*, 2012). Essas estimativas, de um modo geral, são semelhantes as relatadas por Syukur *et al.* (2010); Nascimento *et al.* (2012); Silva Neto *et al.* (2014); e Rosmaina *et al.* (2016).

A relação entre o coeficiente de variação genético e ambiental (CVg/CVe) foi superior a 1 para todas as características, exceto para a variável produção, provavelmente

por ser uma característica poligênica. Indicando que as causas genéticas atuam em maior proporção que as ambientais sobre estas características (Cruz *et al.*, 2012). Altos coeficientes de variação genética e herdabilidade são os principais requisitos para o ganho genético e maior resposta a seleção de indivíduos (Falconer e Mackay, 1996). Rêgo *et al.* (2011) em estudo com *Capsicum baccatum* encontraram valores de CVg/CVe acima de 1 para todas as características avaliadas. Nascimento *et al.* (2012) também avaliaram características que, em sua maioria, apresentaram valores de CVg/CVe acima de 1, em *C. annuum*.



Figura 1 – Cultivares de pimenta. A - Dedo de moça (*C. baccatum*); B - Pirâmide ornamental (*C. frutescens*); C - Pérola Negra (*C. annuum*); D - Tabasco (*C. frutescens*); E - Bode Vermelha (*C. chinense*); F - Peloteira (*S. pseudocapsicum*); G - Stomboli ornamental (*C. frutescens*); H - Rocoto vermelha (*C. pubescens*); I - Rocoto amarela (*C. pubescens*); J - Malagueta (*C. frutescens*); K - Biquinho vermelha (*C. chinense*); L - Jalapeño (*C. annuum*).

Os resultados dos coeficientes de correlação fenotípicos estão apresentados na Tabela 2. A altura da planta (AP) apresentou correlação positiva significativa com altura da primeira bifurcação (APB), diâmetro do caule (DCL) e número de folhas (NF). O diâmetro do caule é uma característica importante para pimenteiras ornamentais, uma vez que caules mais espessos ajudam na sustentação da planta, assim é necessário que altura da planta tenha uma boa correlação com o diâmetro do caule. Silva *et al.* (2016), Rêgo *et al.* (2011) e Rêgo *et al.* (2015), avaliando a correlação entre características de pimenta, também observaram correlação positiva entre altura da planta e diâmetro do caule.

A associação obtida entre altura da planta e número de folhas pode ser explicada pelo fato das plantas com maior número de folhas produzirem uma maior quantidade de assimilados e estes serem translocados para o crescimento em altura da planta (Silva *et al.*, 2007). Dessa forma, quanto mais folhas as plantas possuem, maior será o porte da planta.

O diâmetro da copa também apresentou correlação positiva com a característica diâmetro do fruto (Tabela 2). A característica altura da primeira bifurcação foi correlacionada positivamente com diâmetro do caule, número de folhas e número de frutos por planta. Estes são caracteres que precisam estar em harmonia com o vaso para que as pimenteiras possam apresentar condições de comercialização. Neitzke *et al.* (2016) avaliaram a preferência do consumidor em relação a dezessete acessos de pimentas ornamentais e constataram que a arquitetura da planta, quantidade e cor dos frutos contrastando entre as folhagens são os atributos mais importantes na escolha de uma pimenta ornamental.

Correlações positivas e significativas também foram observadas entre número de folhas (NF) e número de frutos por planta (NFP) (Tabela 2). Folhas e frutos são caracteres de interesse em pimentas ornamentais, visto que um maior número de folhas deixa a copa mais densa, além de fornecer maior contraste entre os frutos, deixando as pimenteiras mais atrativas para os consumidores. Segundo Reis *et al.* (2013), as folhas apresentam grande influência no crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente, no número de frutos produzidos na planta. Quanto mais área foliar obtiver a planta, maior superfície fotossintética ativa disponível, por conseguinte, maior produção de fotoassimilados disponível para produção de frutos (Larcher, 2000; Hachmann *et al.*, 2014), o que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo.

O diâmetro do fruto (DFR) apresentou correlação significativa negativa com o número de frutos por planta (NFP) (Tabela 2). Segundo Streck *et al.* (1998), a dimensão

que os frutos irão atingir na planta depende do número de frutos que irão competir pelos assimilados produzidos pela planta. Portanto, quanto maior for o número de frutos na planta, menor será o diâmetro dos mesmos. Resultados similares foram relatados por Singh *et al.* (2009), Aklilu *et al.* (2016) e Rêgo *et al.* (2011) em trabalhos de associação de caracteres em *Capsicum* com o mesmo padrão de correlação.

Tabela 2 - Estimativa dos coeficientes de correlação fenotípica entre nove características morfoagronômicas em 12 cultivares de pimenta.

	AP	DC	APB	DCL	NF	CFR	DFR	NFP	P
AP	1	0.3718	0.9602**	0.6955*	0.6204*	-0.0349	-0.1269	0.5546	0.2615
DC		1	0.2224	0.5705	-0.0242	0.0174	0.7421**	-0.1822	0.3377
APB			1	0.6043*	0.6581*	-0.0350	-0.2895	0.6317*	0.1792
DCL				1	0.4757	-0.2325	0.0156	0.5690	0.1659
NF					1	-0.3788	-0.4706	0.8427**	0.3305
CFR						1	-0.0116	-0.2194	0.0660
DFR							1	-0.6868*	0.3540
NFP								1	0.1850
P									1

AP - Altura de planta (cm); DC - diâmetro da copa (cm); APB - altura da primeira bifurcação (cm); DCL - diâmetro do caule (cm), NF - número de folhas (contagem); CFR - comprimento do fruto (cm); DFR - diâmetro do fruto (cm); NFP - número de frutos por planta (contagem); P - produção (P).

“*” e “**”, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Os escores para os dois primeiros componentes principais relacionados às nove características morfoagronômicas de pimenteiros podem ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Escores dos dois componentes principais, para nove características, obtidos na avaliação da dissimilaridade genética em cultivares de pimenta.

	PC1	PC2
AP	0.4418	0.1580
DC	0.1027	0.6109
APB	0.4462	0.0433
DCL	0.3840	0.2408
NF	0.4364	-0.1436
CFR	-0.1235	0.0554
DFR	-0.1853	0.5934
NFP	0.4305	-0.2598
P	0.1497	0.3141

AP - Altura de planta (cm); DC - diâmetro da copa (cm); APB - altura da primeira bifurcação (cm); DCL - diâmetro do caule (cm), NF - número de folhas (contagem); CFR - comprimento do fruto (cm); DFR - diâmetro do fruto (cm); NFP - número de frutos por planta (contagem); P - produção (P). PC1 e PC2 – primeiro componente e segundo componente principal, respectivamente.

As análises indicam que os dois primeiros componentes principais permitiram explicar 70% da variabilidade contida nas variáveis originais (Figura 2). Regazzi (2000) enfatiza que para aplicações em diversas áreas do conhecimento, o número de componentes utilizados tem sido aquele que acumula 70% ou mais de proporção da variância total. Martins *et al.* (2013), ao avaliar a diversidade genética entre sete acessos de *Capsicum*, com base em treze caracteres morfológicos, verificaram variação acumulada nos dois primeiros componentes principais de 80%. Resultados similares foram relatados por Barroso *et al.* (2012) em população F₂ de pimentas *C. annuum*. Os mesmos observaram que as duas primeiras variáveis explicavam 88% da variação genética total. As variáveis que pouco contribuíram para a variabilidade genética foram descartadas dos futuros estudos de diversidade da população analisada, conforme sugerido por Rêgo *et al.* (2003).

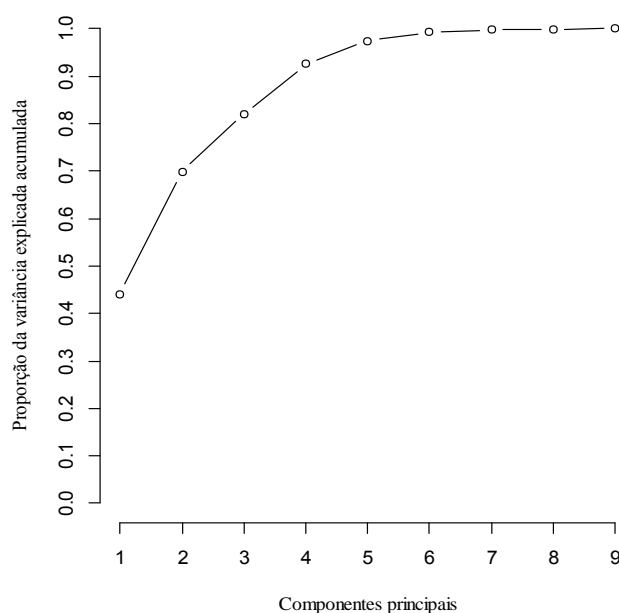


Figura 2 – Screeplot das variâncias explicadas pelos dois componentes principais em pimentas.

Na análise de dispersão bidimensional, os cultivares distribuíram-se em regiões distintas do gráfico, porém puderam ser separados em grupos (Figura 3).

As variáveis altura da planta (AP), altura da primeira bifurcação (APB), número de folhas (NF) e número de frutos por planta (NFP) apresentaram os maiores valores no componente principal 1, representando os caracteres de maior peso para variabilidade

encontrada para este componente. No segundo componente principal, as variáveis diâmetro do fruto (DFR) e diâmetro da copa (DC) tiveram os maiores valores (Figura 3). Os valores dos escores do componente principal 1 e 2 apresentados na Tabela 3 confirmam os resultados obtidos.

As características diâmetro do caule (DCL), altura da planta (AP) e altura da primeira bifurcação (APB) estão próximas entre si, mostrando que há uma correlação entre as mesmas. O mesmo pode ser observado entre as características número de folhas (NF) e número de frutos por planta (NFP) e entre diâmetro do fruto (DFR) e diâmetro da copa (DC) (Tabela 2).

O cultivar 4, pimenta Tabasco, obteve o maior valor no componente principal 1. Apresentando maior altura da planta, altura da primeira bifurcação, número de folhas e número de frutos (Figura 3). A altura da planta ideal para ornamentação é determinada de acordo com o tamanho do vaso utilizado. Para vasos utilizados neste experimento, as pimentas ornamentais devem apresentar altura máxima de 32 cm (Veiling, 2017), descartando essa cultivar para uso como ornamental de vaso. No entanto, a mesma apresenta densidades de folhas e frutos apropriadas para pimenteiras ornamentais, portanto, este genótipo pode ser utilizado em futuros trabalhos de melhoramento com intuito de diminuir o porte da planta ou para uso em paisagismo.

O cultivar 8, Rocoto Vermelha, apresentou maiores valores no componente principal 2, apresentando maior diâmetro do fruto e diâmetro da copa (Figura 3). As pimenteiras ornamentais devem ter uma cobertura de vaso e conformação da copa proporcional ao tamanho da planta e do vaso (Barroso *et al.*, 2012; Silva Neto *et al.*, 2014). O tamanho do fruto não é um fator decisivo pelos consumidores na escolha das pimentas ornamentais. Além da arquitetura da planta, o número e cor dos frutos contrastando entre as folhagens é o que mais influência na hora da compra de pimentas ornamentais (Neitzke *et al.*, 2016).

O cultivar 2, pirâmide ornamental, obteve os menores valores para o primeiro e segundo componente principal, ou seja, foi o cultivar com menor altura da planta, altura da primeira bifurcação, número de folhas, número de frutos, diâmetro do fruto e diâmetro da copa. Além disso, apresentou-se mais distante dos demais cultivares no gráfico de dispersão, mostrando ser mais divergente dos demais cultivares em relação as características avaliadas (Figura 3).

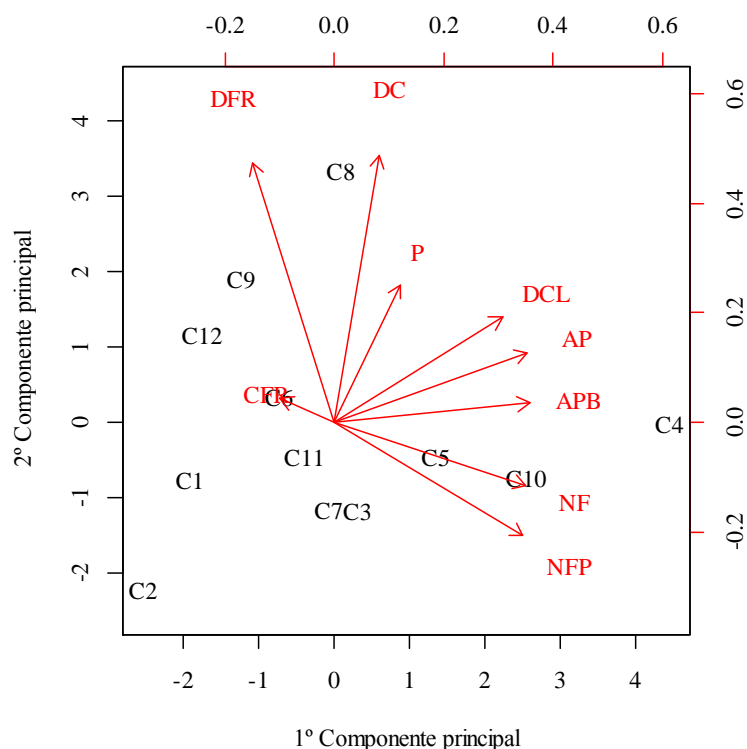


Figura 3 – Gráfico de dispersão bidimensional obtidos a partir dos dois primeiros componentes principais utilizando doze cultivares de pimentas *Capsicum* spp. C = cultivares = C1 = Dedo de moça; C2 = Pirâmide ornamental; C3 = Pérola Negra; C4 = Tabasco; C5 = Bode vermelha; C6 = Peloteira; C7 = Stromboli ornamental; C8 = Rocoto vermelha; C9 = Rocoto amarela; C10 = Malagueta; C11 = Biquinho vermelha; C12 = Jalapeño.

Os resultados da análise de agrupamento pelo Método de Ligação Média-UPGMA (Figura 4) foram semelhantes a análise de dispersão gráfica (Figura 3). Considerando as características avaliadas, os cultivares foram agrupadas em 5 grupos distintos, considerando o ponto de corte (Figura 4). A formação destes grupos auxilia os melhoristas na escolha de genitores contrastantes visando a possibilidade de combinações híbridas para maior exploração da heterose (Cruz *et al.*, 2012). Os resultados encontrados estão de acordo com outros estudos publicados sobre diversidade genética entre pimentas do gênero *Capsicum* (Faria *et al.*, 2012; Vilela *et al.*, 2014; Xiao-min *et al.*, 2016), indicando que os descritores morfológicos são eficientes para discriminação dos genótipos quanto a diversidade genética.

O grupo I conteve cultivares das espécies *Capsicum chinense* (Biquinho vermelha e bode vermelha), *C. frutescens* (Stromboli Ornamental), *C. annuum* (Pérola Negra) e *Pseudocapsicum* (Peloteira) (Figura 4).

O cultivar 2, Pirâmide ornamental (*C. frutescens*), ficou isolada das demais cultivares no grupo II (Figura 4), conforme foi evidenciado na projeção no plano bidimensional (Figura 3). Provavelmente por ser uma cultivar com características mais adequadas para ornamentação em relação as demais, como arquitetura da planta e caracteres relacionados ao fruto, como comprimento e número de fruto.

O grupo III foi constituído pelos cultivares 1 e 12, *Capsicum baccatum* e *C. annum*, respectivamente (Figura 4). Embora sejam espécies diferentes, apresentam características semelhantes relacionadas a parte vegetativa de planta e frutos.

O grupo IV reuniu os cultivares 8 e 9, ambos pertencentes a espécie *Capsicum pubescens*, muito semelhantes entre si, diferindo em algumas características qualitativas como hábito de crescimento, cor do fruto no estágio intermediário e maduro. Essas cultivares são de grande porte e com poucos frutos, porém de dimensões medianas. Seus frutos são ideais para produção de conservas, molhos ou páprica em pó, por conter muito pericarpo e apresentar elevado grau de ardência (Oboh e Rocha, 2007; Meckelmann *et al.*, 2015).

O grupo V reuniu os cultivares 4 e 10, pimentas Tabasco e Malagueta, respectivamente, ambas pertencentes à espécie *Capsicum frutescens* (Figura 4). As pimentas Tabasco e Malagueta são pimentas muito consumidas no Brasil e sua produção é destinada para o consumo *in natura* e para produção de molhos e conservas (Jarret *et al.*, 2007; Lima *et al.*, 2017). Porém, não apresentam potencial para ornamentação. A introdução dessas cultivares no melhoramento genético agregaria valor ao produto. As novas cultivares poderiam ser utilizadas para decoração e seus frutos destinados ao consumo *in natura*, molhos ou conservas.

A divergência genética encontrada entre os cultivares pode ser explorada em programas de melhoramento com base em descritores quantitativos para obtenção de novas cultivares. A seleção de genitores e de populações segregantes, decorrente da produção de híbridos, constitui a primeira e importante etapa de um programa de melhoramento (Pimentel *et al.*, 2013), visando o desenvolvimento de cultivares de pimenta com potencial ornamental.

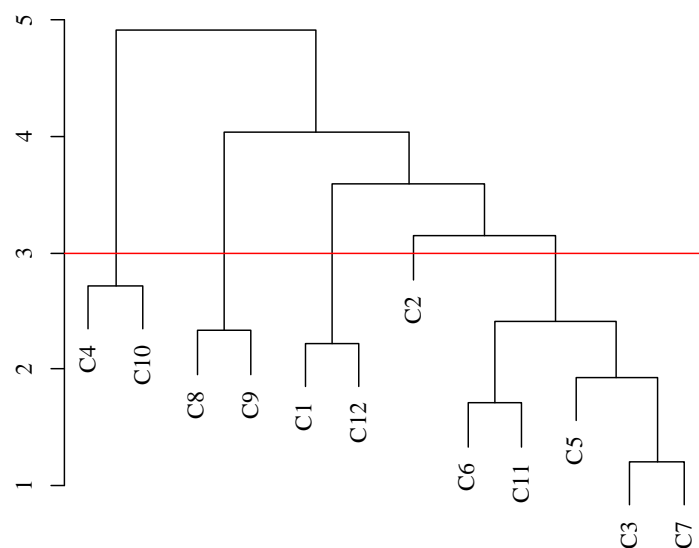


Figura 4 - Dendrograma de análise de agrupamento de doze cultivares de pimenta pelo método de ligação média (UPGMA), utilizando a distância euclidiana, obtido a partir da análise de nove caracteres quantitativos. C1 - Dedo de moça (*C. baccatum*); C2 - Pirâmide ornamental (*C. frutescens*); C3 - Pérola Negra (*C. annum*); C4 - Tabasco (*C. frutescens*); C5 - Bode Vermelha (*C. chinense*); C6 - Peloteira (*S. pseudocapsicum*); C7 - Stomboli ornamental (*C. frutescens*); C8 - Rocoto vermelha (*C. pubescens*); C9 - Rocoto amarela (*C. pubescens*); C10 - Malagueta (*C. frutescens*); C11 - Biquinho vermelha (*C. chinense*); C12 - Jalapeño (*C. annum*).

4 - Conclusão

Existe variabilidade genética entre as cultivares de pimenta avaliadas, com base em caracteres morfológicos, permitindo a escolha de cultivares divergentes com potencial uso em programas de melhoramento, visando a obtenção de pimentas ornamentais de vaso ou para uso em jardins.

5 - Referências

Aklilu S; Abebie B; Wogari D; Wolde AT. 2016. Genetic variability and association of characters in Ethiopian hot pepper (*Capsicum annum* L.) Landraces. *Journal of Agricultural Sciences*, 61(1): 19-36.

Barroso PA; Rêgo ER; Rêgo MM; Nascimento KS; Nascimento NFF; Nascimento MF; Soares WS; Ferreira KTC; Otoni WC. 2012. Analysis of Segregating Generation for

Components of Seedling and Plant Height of Pepper (*Capsicum annuum* L.) for Medicinal and Ornamental Purposes. *Acta Horticulturae*, 953: 269-276.

Canton-Flick A; Balam-Uc E; Jabn Bello-Bello J; Lecona-Guzman C; Solis-Marroquin D; Aviles-Vinas S; Gomez-Uc E; Lopez-Puc G; Santana-Buzzy. 2008. Capsaicinoids content in Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.): Hottest known cultivars. *HortScience*, 43(5):1344-349.

Cruz CD. 2006. *Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa, 648P.

Cruz CD; Regazzi AJ; Carneiro PCS. 2012. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4th edn. UFV, Viçosa, 514p.

Dagnoko S; Yaro-Diarisso N; Sanogo PN; Adetula O; Dolo-Nantoumé A; Gamby-Touré K; Traoré-Théra A; Katilé S and Diallo-Ba D. 2013. Overview of pepper (*Capsicum* spp.) breeding in West Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 8(13): 1108-1114.

Falconer DS; Mackay TFC. 1996. *Introduction to quantitative genetics*. 4.ed. Edinburgh: Longman Group Limited, 464p.

Faria PN; Cecon PR; Silva AR; Finger FL; Silva FF; Cruz CD; Sávio FL. 2012. Métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas. *Horticultura Brasileira*, 30: 428-432.

Ferreira KTC; Rêgo ER; Rêgo MM; Fortunato FLG; Nascimento NFF; Lima JAM. 2015. Combining Ability for Morpho-Agronomic Traits in Ornamental Pepper. *Acta Horticulturae*, 1087:187-194.

Finger FL; Rêgo ER; Segatto FB; Nascimento NFF; Rêgo MM. 2012. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. *Informe Agropecuário*, 33(267):14-20.

Finger FL; Pereira GM. 2016. Physiology and Postharvest of pepper fruits. In: Rêgo ER; Rêgo MM; Finger FL (ed.) *Production and Breeding of Chilli Peppers (Capsicum spp)*. Springer, p. 27-40.

Fortunato FLG; Rêgo ER; Rêgo MM; Santos CAP; Carvalho MG. 2015. Heritability and Genetic Parameters for Size-Related Traits in Ornamental Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulturae*. 1087: 201-206.

Gonçalves LS; Rodrigues R; Amaral Junior AT; Karasawa M. 2008. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. *Genetics and Molecular Research*, 7:1289-1297.

Greenleaf WH. 1986. Breeding vegetable crops. In: Basset MJ. (Ed.) *Pepper breeding*. The AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, p: 67-134.

Hachmann TL; Echer MM; Dalastro GM; Vasconcelos ES; Guimarães VF. 2014. Tomato cultivation under different spacing and different levels of defoliation of basal leaves. *Bragantia*, 73(4): 399-406.

Heiser CB. 1979. Peppers – *Capsicum* (Solanaceae). In: Simmonds NW. (ed.) *Evolution of crop plants*, p. 265-273.

Howard LR; Wildman REC. 2007. Antioxidant vitamin and phytochemical content of fresh and processed pepper fruit (*Capsicum annuum*). In: Wildman REC. (Ed.) *Handbook of nutraceuticals and functional foods*. Boca Raton: CRC Press, p. 165-191.

James G; Witten D; Hastie T; Tibshirani R. 2013. *An Introduction to statistical learning: With applications in R*. Springer, 4th edition, 426p.

Jarret RL; Baldwin E; Perkins B; Bushway R; Guthrie K. 2007. Diversity of fruit quality characteristics in *Capsicum frutescens*. *HortScience*, 42: 16-19.

Kraft KH; Brown CH; Nabhan GP; Luedeling E; Ruiz JLL; Coppens G; d'Eeckenbrugge GC; Hijmans RJ; Gepts P. 2014. Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS), 111(17): 6165-6170.

Larcher W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Tradução C.H.B.A. Prado. São Carlos: Rima, 531p.

Lim TK. 2013. *Edible medicinal and non-medicinal plantas Capsicum baccatum* var. pendulum, 6: 202p.

Lima MF, Carvalho SIC; Ragassil CF; Bianchetti LB; Faleiro FG; Reifschneider FJB. 2017. Characterization of a pepper collection (*Capsicum frutescens* L.) from Brazil. *Genetics and Molecular Research*, 16 (3): gmr16039704.

Martins KC; Souza SAM; Pereira TNS; Rodrigues R; Pereira MG; Cunha M. 2013. Palynological characterization and genetic divergence between accessions of chilli and sweet peppers. *Horticultura Brasileira*, 31: 568-573.

Meckelmann SW; Jansen C; Riegel DW; Zonneveld MV; Ríos L; Peña K; Mueller-Seitz E; Petz M. 2015. Phytochemicals in native Peruvian *Capsicum pubescens* (Rocoto). *European Food Research and Technology*, 241:817–825.

Nascimento NFF; Rêgo ER; Nascimento MF; Finger FL; Bruckner CH; Silva Neto JJ; Rêgo MM. 2012. Heritability and Variability of Morphological Traits in a Segregating Generation of Ornamental Pepper. *Acta Horticulturae*, 953: 299-304.

Nascimento NFF; Rêgo ER; Nascimento MF; Santos RMC; Bruckner CH; Finger FL; Rêgo MM. 2013. Flower Color Variability in Double and Three-Way Hybrids of Ornamental Peppers. *Acta Horticulturae*, 1000:457-464.

Nascimento NFF; Rêgo ER; Nascimento MF; Finger FL; Bruckner CH; Rêgo MM. 2014. Combination ability for yield and fruit quality in pepper (*Capsicum annuum*). *Genetics and Molecular Research*, 13(2): 3237-3249.

- Neitzke RS; Fischer SZ; Vasconcelos CS; Barbieri RL; Treptow RO. 2016. Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. *Horticultura Brasileira*, 34:102-109.
- Oboh G; Rocha J. 2007. Distribution and antioxidant activity of polyphenols in ripe and unripe tree pepper (*Capsicum pubescens*). *Journal of Food Biochemistry*, 31:456–473.
- Pickersgill B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of peppers (genus *Capsicum*). *Evolution*, 25: 683-691.
- Pimentel AJB; Ribeiro G; Souza MD; Moura LM; Assis JD; Machado JC. 2013. Comparação de métodos de seleção de genitores e populações segregantes aplicados ao melhoramento de trigo. *Bragantia*, 72(2): 113-121.
- Rêgo ER; Rêgo MM; Cruz CD; Cecon PR; Amaral DSSL; Finger FL. 2003. Genetic diversity analysis of peppers: a comparison of discarding variable methods. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 3:19-26.
- Rêgo ER; Rêgo MM; Cruz CD; Finger FL; Casali VWD. 2011. Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58: 909–918.
- Rêgo MM; Sapucay MJLC; Rêgo ER; Araújo ER. 2015. Analysis of Divergence and Correlation of Quantitative Traits in Ornamental Pepper (*Capsicum* spp.). *Acta Horticulturae*, 1087: 389-394.
- Rêgo ER; Rêgo MM. 2016. Genetics and Breeding of Chilli Pepper *Capsicum* spp. p. 27-40. In: Rêgo ER; Rêgo MM; Finger FL. *Production and Breeding of Chilli Peppers (Capsicum spp)*. Springer, New York, NY, USA.
- Regazzi AJ. 2000. *Análise multivariada, notas de aula INF 766*. Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2.
- Reis LS; Azevedo CAV; Albuquerque AW; Junior JFS. 2013. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(4): 386–391.
- Rosmaina; Syafrudin; Hasrol; Yanti F; Juliyanti; Zulfahmi. 2016. Estimation of variability, heritability and genetic advance among local chili pepper genotypes cultivated in peat lands. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(3): 431–436.
- Silva RR; Freitas GA; Siebeneichler SC; Mata JF; Chagas JR. 2007. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. *Acta Amazônica*, 37(3):365-370.
- Silva Neto JJ; Rêgo ER; Nascimento MF; Silva Filho VAL; Almeida Neto JX; Rêgo MM. 2014. Variabilidade em população base de pimenteirias ornamentais (*Capsicum annuum* L.). *Revista Ceres*, 61(1): 084-089.

Silva AR; Rêgo ER; MAS Pessoa; Rêgo MM. 2016. Correlation network analysis between phenotypic and genotypic traits of chili pepper. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 51(4):372-377.

Singh Y; Sharma M; Sharma A. 2009. Genetic Variation, Association of Characters, and Their Direct and Indirect Contributions for Improvement in Chilli Peppers. *International Journal of Vegetable Science*, 15:340–368.

Streck NA; Buriol GA; Andriolo JL; Sandri MA. 1998. Influência da densidade de plantas e da poda apical drástica na produtividade do tomateiro em estufa de plástico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33:1105-1112.

Syukur M; Sujiprihati S; Siregar A. 2010. Estimation of genetic parameters of agronomic characters and yield evaluation on F4 pepper using augmented design. *Journal Agrotropika*, 15: 9-16.

Veiling Holambra - Flowers and Ornamental Plants. Criteria for classification of ornamental pepper. = Flores e Plantas Ornamentais. Critérios de classificação pimenta ornamental. 2017. Available in: http://veiling.com.br/uploads/padrao_qualidade/criterios/pimenta-ornamental-po.pdf Access in: Setembro 25, 2017.

Villela JCB; Barbieri RL; Castro CM; Neitzke RS; Vasconcelos CS; Carbonari T; Mistura CC; Priori D. 2014. Caracterização molecular de variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*) com marcadores microsatélites. *Horticultura Brasileira*, 32(2) 131-137.

Xiao-min Z; Zheng-hai Z; Xiao-zhen G; Sheng-li M; Xi-xiang L; Chadoeuf J; Palloix A; Li-hao W; ZHANG Bao-xi Z. 2016. Genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp.) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(9): 1991–2001.

Wahyuni Y; Ballester AR; Sudarmonowati E; Bino RJ and Bovy AG. 2011. Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implications for breeding. *Phytochemistry*, 72: 1358-1370.

ARTIGO 2

Efeitos do paclobutrazol em espécies de pimenta cultivadas em vaso

Mayana Ferreira Nascimento¹; Édimo Fernando Alves Moreira²; Fernando Luiz Finger³;
Claudio Horst Bruckner³

¹Laboratório de Análises de Progênes, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil; ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, Brasil; ³Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil.

RESUMO

O mercado de pimentas ornamentais tem crescido em todo Brasil, o uso de reguladores de crescimento é uma técnica rápida e eficiente para obter plantas adaptadas para cultivo em vasos. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito do paclobutrazol (PBZ) sobre as características agronômicas e morfológicas de pimentas. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro cultivares e quatro doses de PBZ. As doses de PBZ avaliadas foram 0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹ as quais foram aplicadas diretamente sobre o substrato de cultivo em vaso. Houve efeito significativo das doses em todas as características avaliadas. Os resultados mostraram que as espécies de pimenta respondem de forma diferente à PBZ dependendo da morfologia das plantas. Todas as doses de PBZ testadas foram eficientes para reduzir a altura das plantas dos cultivares Pérola Negra (*C. annuum*) e Rocoto Vermelha (*C. pubescens*), enquanto as doses de 10 e 20 mg L⁻¹ foram melhores para Malagueta (*C. frutescens*) e a dose 5 mg L⁻¹ para o cultivar Peloteira (*S. pseudocapsicum*).

Palavras-chave: *Capsicum*, planta ornamental, regulador de crescimento, giberelina

ABSTRACT

The market for ornamental pepper has grown all over Brazil, the use of growth regulators is a fast technique and efficient to obtain adapted plants in pots. The purpose of this work was to determine the effect of paclobutrazol (PBZ) on agronomical and morphological traits in peppers. The experiment was conducted in a factorial design 4 x 4, with four cultivars and four doses of PBZ. The solutions of PBZ had their effect evaluated at 0, 5,

10 and 20 mg L⁻¹ and were applied directly on the growth substrate in the pot. There were significant effect of doses in all the traits evaluated. The results showed that peppers species respond differently to BPZ depending on their plant morphology. All PBZ doses tested were efficient to reduce plant height of the cultivars Pérola Negra (*C. annuum*) and Rocoto Vermelha (*C. pubescens*), while the doses of 10 and 20 mg L⁻¹ was the best for Malagueta (*C. frutescens*) and the dose 5 mg L⁻¹ for the cultivar Peloteira (*S. pseudocapsicum*).

Index terms: *Capsicum*, ornamental plant, growth regulator, gibberellins

1 - Introdução

As plantas do gênero *Capsicum* compreendem um grupo diversificado de pimentas doces e picantes e, até hoje são descritas cerca de 27 espécies de pimentas (González-Pérez *et al.*, 2014). Entre as espécies do gênero *Capsicum*, as espécies *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* são as espécies domésticas e cultivadas em todo o mundo (Dagnoko *et al.*, 2013).

Os frutos das pimentas são reconhecidos como excelentes fontes de carotenoides (provitamina A), ácido ascórbico (vitamina C), tocoferóis (vitamina E) e flavonoides (Howard e Wildman, 2007). Além disso, contém capsaicínides, uma substância exclusiva do gênero *Capsicum*, com propriedades úteis e valiosas, como propriedades anti-câncer, anti-artríticas e analgésicas (Luo *et al.*, 2011) e responsável pela ardência dos frutos.

As pimentas desempenham papel importante no mercado de hortaliças frescas do Brasil. Mundialmente falando, as pimentas são importantes no segmento de condimentos, temperos e conservas (Dutra *et al.*, 2011). Além da importância na alimentação, as pimentas apresentam excelente potencial ornamental, devido a sua capacidade de crescer em vasos como uma planta perene de pequeno porte, e possuir frutos eretos e vistosos, que contrastam entre as folhagens (Neitzke *et al.*, 2016).

As pimentas ornamentais são muito populares na Europa e estão ganhando mercado também nos Estados Unidos. No Brasil, o setor de pimenta ornamental vem ganhando destaque pela crescente e contínua aceitação do mercado consumidor (Rêgo e Rêgo, 2016). As pimentas ornamentais podem ser usadas na decoração de ambientes internos e

jardins. Isso agrega valor ao produto, aumentando o retorno financeiro ao produtor (Finger *et al.*, 2012).

No Brasil, apenas algumas cultivares de *Capsicum* possuem características ornamentais e são cultivadas como plantas de vaso. O uso de reguladores de crescimento pode ser uma alternativa usada no controle da altura das plantas. Estes reguladores de plantas, como paclobutrazol, são amplamente utilizados em muitas plantas, incluindo árvores, grama para jardins e plantas ornamentais. O PBZ pode ser aplicado por pulverização ou diretamente no substrato, melhorando a qualidade comercial de muitas plantas ornamentais, como crisântemos e poinsettia (Goulston e Shearing, 1985).

O paclobutrazol (PBZ) é um triazol [(2RS, 3RS) -1- (4-clorofenil) -4,4-dimetil-2-(1,2,4-triazol-1-il) -pentan-3-ol], qual atua bloqueando as reações de oxidação na passagem do ent-caureno ao ácido ent-caurenoico na via de biossíntese de ácido giberélico (Fletcher *et al.*, 2000). O PBZ também aumenta a clorofila nas folhas de mudas de maçã (Wang *et al.*, 1986), girassol ornamental (Brito *et al.*, 2016) e pimenta (França *et al.*, 2017).

O PBZ é absorvido principalmente pelo sistema radicular e também por caules e folhas, sendo translocado pelo xilema aos meristemas de crescimento (Benett *et al.*, 2014). Grossi *et al.* (2005), analisando a ação do PBZ aplicado no substrato e via aplicação foliar em pimentas, concluiu que o PBZ foi mais eficiente quando absorvido pelas raízes, em concentrações mais baixas e em aplicação única.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo determinar os efeitos de PBZ em características morfológicas e ornamentais de três espécies de pimenta de *Capsicum* e um *Solanum* aplicado diretamente ao substrato dos vasos.

2 - Material e Métodos

2.1. Condução do experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Horta do departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa - UFV (20 ° 45 "47" LS e 42 ° 49 "13" LW), em esquema fatorial 4 x 4 com quatro espécies de pimentas e quatro doses do regulador de crescimento (PBZ), em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. A unidade experimental foi constituída de um vaso com uma planta, num total de 80 unidades experimentais.

Foram utilizadas as cultivares comerciais Pérola Negra (*Capsicum annuum*), Malagueta (*Capsicum frutescens*), Rocoto Vermelha (*Capsicum pubescens*) e Peloteira (*Solanum pseudocapsicum*). A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno com 200 células, contendo substrato comercial (Bioplant). Foram utilizadas duas sementes por célula sendo feito desbaste após a germinação. Quando as plantas atingiram o estágio de quatro pares de folhas definitivas, foram transplantadas para vasos de 700 ml, pote 13, (10 cm de altura, 9 cm de diâmetro basal e 12 cm diâmetro superior), sendo uma planta por vaso. Sempre que necessário foram realizados os tratos culturais recomendados à cultura.

2.2 Aplicação do regulador de crescimento e características avaliadas

O paclobutrazol (PBZ), foi aplicado após as plantas apresentarem altura entre 10 e 15 cm. Cada planta recebeu 150 mL da solução de PBZ diretamente no substrato de cultivo, nas concentrações 0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹, correspondendo a 0,75, 1,5 e 3 mg do princípio ativo. O produto comercial utilizado foi o Cultar® (250 g i.a. PBZ por litro, Syngenta Crop Protection).

Quando as plantas atingiram o estágio adulto, com 30% de frutas maduras, foram caracterizadas de acordo com os descritores de recomendações da Bioversity International para *Capsicum* spp. (IPGRI, 1995) como segue: altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), altura da primeira bifurcação (APB), diâmetro do caule (DCL), matéria fresca de fruta (MFF), dias para floração (DF) e número de frutos (NF). A intensidade do verde da folha (IVF) foi determinada com um SPAD (Minolta).

2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância para verificação dos efeitos dos fatores cultivares e doses do regulador de crescimento. As pressuposições de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias residuais foram verificadas através dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Para as variáveis onde não foram atendidos tais pressupostos, foi utilizado a análise de deviance de um modelo linear generalizado (Nelder e Wedderburn, 1972).

Para as variáveis provenientes de um processo de contagem, NF e DF, foi utilizado a distribuição de Poisson. Para as variáveis contínuas, AP, DC, APB, DCL, MFF e IVF foi utilizada a distribuição gama, por ser mais flexível. É importante destacar que outras distribuições de variáveis contínuas como a exponencial, a qui-quadrado e a normal podem ser vistas como casos especiais da distribuição gama. Em ambos os casos foi utilizada a função de ligação logarítmica.

As cultivares foram avaliadas pelo teste de Tukey para comparações de médias, enquanto as doses de PBZ foram analisadas por análise de regressão. Para medir a qualidade do ajuste dos modelos de regressão, utilizou-se o critério de informação Akaike (AIC) (Akaike, 1974; Bozdongan, 1987).

A análise de regressão e o teste de Tukey foram aplicados quando não houve efeitos significativos para os fatores. Na ausência de interação entre fatores, eles foram analisados separadamente. Todas as análises foram feitas a 5% de probabilidade e utilizando o software R (R Core Team, 2015).

3 - Resultados e Discussão

Nenhuma das variáveis estudadas atendeu aos pressupostos estabelecidos na análise de variância ($p \leq 0,05$) (dados não mostrados), então utilizou-se o modelo linear generalizado. Houve interação significativa entre cultivares e doses de PBZ para todas as características avaliadas (Tabela 1), o que significa que o comportamento dos níveis de um fator foi distinto quando alterado os níveis do fator contrastante.

Tabela 1 – Resumo da análise de deviance para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro da copa (DC), altura da primeira bifurcação (APB), diâmetro do caule (DCL), peso de frutos (MFF), número de frutos por planta (NF), dias para floração (DF) e intensidade de clorofila da folha (IVF).

Deviance									
--- Variáveis de resposta ---									
	GL	AP	DC	APB	DCL	MFF	NF	DF	IVF
Cultivares	3	6,65***	15,82***	3,93***	3,76***	134,76***	1978,43***	175,09***	2,89***
Dose	3	1,55**	9,19***	5,00***	0,48***	0,90**	22,49***	12,33**	0,90***
Interação	9	1,36***	1,24***	1,25***	0,28**	2,32***	67,8***	55,25***	0,38**

“*” , “**” e “***”, indica significativo a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente.

Os resultados do teste Tukey para comparação das cultivares dentro de cada uma das doses são mostrados na Tabela 2. Os cultivares Peloteira (*Solanum pseudocapsicum*) e Pérola Negra (*C. annuum*) apresentaram as menores médias para característica altura da planta nas concentrações de 5 e 10 mg L⁻¹ de PBZ (Tabela 2). Para vasos de tamanho 13, como utilizado neste experimento, a altura da planta deve estar entre 14 e 32 cm (Veiling,

2017). Neste caso, a dose de 10 mg L⁻¹ de PBZ resultou em uma altura menor do que o padrão exigido para o mercado para cultivar Peloteira. Por outro lado, os cultivares Malagueta (*C. frutescens*) e Rocoto Vermelha (*C. pubescens*) atingiram os padrões de altura exigidos pelo mercado de 32 cm, na dose 10 mg L⁻¹ de PBZ (Tabela 2). Os critérios de comercialização de flores e plantas ornamentais estabelecidos pela Cooperativa Veiling Holambra exige uniformidade para todas as características ornamentais, assegurando a qualidade dos seus produtos.

A dose de 20 mg L⁻¹ de PBZ garantiu uma altura ornamental adequada para o mercado, para todas as cultivares testadas (Tabela 2), com exceção da cultivar Peloteira (13,7 cm). A cultivar com maior resposta para redução da altura da planta em relação ao PBZ foi Rocoto Vermelha (67% de redução), seguida de Pérola Negra (64%), Malagueta (59%) e Peloteira (51%).

À medida que o mercado de pimentas ornamentais cultivadas em vasos foi crescendo, houve a necessidade de cultivares com arquitetura que atraíam a atenção do consumidor (Finger *et al.*, 2012). Barroso *et al.* (2012) afirmam que plantas com boa aparência ornamentais de vaso devem apresentar diâmetro da copa de 1,5 a 2,0 vezes maior do que a altura do vaso, ou seja, de 15 a 20 cm para os vasos utilizados neste experimento.

Para a dose de 5 mg L⁻¹ de PBZ, houve redução de 48 e 54% no diâmetro da copa para as cultivares Pérola Negra e Peloteira, respectivamente, em comparação plantas do tratamento controle. O diâmetro da copa é uma das características relevantes para a qualidade exigida no mercado e deve ser proporcional ao tamanho do vaso. Para esse atributo, as cultivares Pérola Negra (10,6 cm) e Peloteira (13,7 cm) não alcançaram uma conformação da copa esperada, de 1,5 a 2,0 cm maior do que a altura da planta. Para as doses de 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ, apenas a cultivar Malagueta atingiu a qualidade de mercado de 20,5 e 16,6 cm, respectivamente (Tabela 2). A dose de 20 mg L⁻¹ de PBZ reduziu em 45% o diâmetro da copa da Rocoto Vermelha, no entanto, não foi suficiente para garantir a harmonia necessária (Tabela 2). Para esta cultivar, recomenda-se testar concentrações acima de 20 mg L⁻¹ de PBZ.

Os cultivares Pérola Negra, Peloteira e Rocoto Vermelha apresentaram as menores médias para característica altura da primeira bifurcação, nas doses 5 e 10 mg L⁻¹. Na dose 20 mg L⁻¹ as médias dos cultivares Pérola Negra, Peloteira, Malagueta e Rocoto Vermelha não diferiram estatisticamente, reduzindo a altura da primeira bifurcação em 56, 77, 46 e 38%, respectivamente, em comparação as plantas controle (Tabela 2).

Tabela 2- Características morfológicas das cultivares de pimenta tratadas com PBZ.

		Doses de PBZ (mg L ⁻¹)			
Cultivares		0	5	10	20
Altura da planta (cm)	Pérola negra	41.9 ab	16.4 c	14.2 bc	14.8 ab
	Peloteira	28.5 b	16.2 c	13.0 c	13.7 b
	Malagueta	52.6 a	47.2 a	30.4 a	21.4 a
	Rocoto vermelha	53.9 a	26.3 b	22.0 a	17.5 ab
		0	5	10	20
Diâmetro da copa (cm)	Pérola negra	20.5 c	10.6 b	8.5 c	9.0 c
	Peloteira	30.0 bc	13.7 b	8.3 c	12.4 bc
	Malagueta	33.8 b	26.0 a	20.5 b	16.6 b
	Rocoto vermelha	58.6 a	37.4 a	34.1 a	26.7 a
		0	5	10	20
Altura da primeira bifurcação (cm)	Pérola negra	23.0 a	13.9 b	12.3 ab	13.0 a
	Peloteira	12.9 b	10.7 b	9.9 b	10.0 a
	Malagueta	27.3 a	24.2 a	17.3 a	12.8 a
	Rocoto vermelha	25.5 a	12.7 b	11.4 b	9.7 a
		0	5	10	20
Diâmetro do caule (cm)	Pérola negra	0.61 b	0.47 c	0.46 b	0.48 b
	Peloteira	0.57 b	0.53 c	0.51 b	0.51 b
	Malagueta	0.94 a	0.96 a	0.82 a	0.67 a
	Rocoto vermelha	0.79 a	0.74 b	0.69 a	0.69 a
		0	5	10	20
Materia fresca do fruto (g)	Pérola negra	1.36 c	1.17 c	0.6 c	0.65 c
	Peloteira	5.09 b	5.46 b	6.81 b	3.96 b
	Malagueta	0.60 d	0.65 d	0.58 c	0.60 c
	Rocoto vermelha	16.58a	18.98 a	22.90 a	16.94 a
		0	5	10	20
Número de frutos	Pérola negra	41.4 b	29.0 b	24.8 b	22.8 b
	Peloteira	22.6 c	11.4 c	9.2 c	13.8 b
	Malagueta	71.2 a	77.8 a	69.4 a	92.6 a
	Rocoto vermelha	4.0 d	3.2 d	4.8 c	3.6 c
		0	5	10	20
Dias para floração	Pérola negra	54.8 a	45.6 b	51.0 b	46.0 c
	Peloteira	64.4 a	60.8 b	57.0 b	74.4 ab
	Malagueta	61.4 a	60.0 b	60.4 b	64.2 b
	Rocoto vermelha	59.2 a	90.8 a	90.2 a	90.8 a
		0	5	10	20
Índice SPAD	Pérola negra	61.88 a	62.69 ab	67.50 a	65.95 ab
	Peloteira	64.43 a	71.61 a	71.52 a	75.88 a
	Malagueta	39.38 b	53.96 b	56.67 ab	64.64 ab
	Rocoto vermelha	32.83 b	39.79 c	46.99 b	51.40 b

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento da dose de PBZ resultou em redução do diâmetro do caule em todas as cultivares. As hastes mais grossas melhoram a estabilidade e o suporte das plantas no vaso, evitando a inclinação e a perda de valor comercial (Ferreira *et al.*, 2015). A cultivar Malagueta apresentou diâmetro maior e estatisticamente significativo na dose de 5 mg

L⁻¹ de PBZ (Tabela 2). No geral, os diâmetros do caule foram mais espessos para as cultivares Malagueta e Rocoto Vermelha (Tabela 2).

O fruto é a característica mais importante em pimentas ornamentais, principalmente devido à sua dupla finalidade, podendo ser utilizado para consumo, além de conferir beleza as plantas ornamentais (Rêgo e Rêgo, 2016). A cultivar Rocoto Vermelha teve o maior tamanho de frutos em todos os tratamentos (Tabela 2). As plantas tratadas com 20 mg L⁻¹ de PBZ apresentaram aumento de 2% no peso dos frutos frescos em comparação com o controle. Provavelmente, a redução no tamanho da planta permitiu que mais carboidratos fossem direcionados para os frutos.

O cultivar Malagueta obteve maior número de frutos em todos os tratamentos (Tabela 2), e especificamente na dose de 20 mg L⁻¹ de PBZ houve aumento de 30% em relação as plantas do tratamento controle. Plantas pequenas com frutos eretos e coloridos são as mais populares para uso como ornamental entre os consumidores (Finger *et al.*, 2012).

A característica dias para floração é uma medida de precocidade e como tal, é de interesse que as mesmas apresentem valores mínimos (Rêgo *et al.*, 2012). Todos os cultivares utilizados como plantas controle não diferiram significativamente para a característica dias para floração. As doses de 5 e 10 mg L⁻¹ de PBZ foram eficientes na redução dos dias para floração das cultivares Pérola Negra, Peloteira e Malagueta (Tabela 2). Para a dose de 20 mg L⁻¹ de PBZ, a cultivar Pérola Negra teve o menor número de dias para iniciar a floração em relação a floração do tratamento controle (Tabela 2). As doses de 5, 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ retardaram a floração da cultivar Rocoto Vermelha em 31 dias (Tabela 2). De acordo com Rademacher (2000), o PBZ tem diferentes efeitos entre cultivares, espécies e concentrações do ingrediente ativo. O mesmo autor sugere que concentrações elevadas de PBZ reduzem os níveis de giberelina ao ponto de inibir ou retardar o florescimento da planta.

Todos os cultivares tratados com PBZ apresentaram maior índice de clorofila, quando comparadas às folhas das plantas do tratamento controle (Tabela 2). A dose de 5 mg L⁻¹ de PBZ resultou nos maiores valores de SPAD para as cultivares Pérola Negra e Peloteira, enquanto que a dose de 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ resultou em maiores valores de SPAD para as cultivares Pérola Negra, Peloteira e Malagueta. Evidências apontam que o PBZ tem efeito sobre a cor da folha. O escurecimento das folhas induzido pelo PBZ tem sido relacionado ao aumento do nível de clorofila (Nasr, 1995). Folhagens mais escuras também foram observadas em plantas tratadas com PBZ em diferentes plantas

ornamentais, como *Consolida orientalis* (Mansuroglu *et al.*, 2009) e Azálea (Meijon *et al.*, 2009).

A altura da planta teve reduções significativas com o aumento das doses de PBZ (Figuras 1 e 2). Resultados semelhantes foram encontrados em plantas ornamentais por Curry *et al.* (2016) em New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*), e Koutroubas e Damalas (2015) em girassol (*Helianthus annuus*). Para as cultivares Pérola Negra, Peloteira, Malagueta e Rocoto Vermelha houve redução da altura da planta em 4, 3, 5, e 5%, respectivamente, para cada unidade de PBZ aplicada (Figura 2). Em um trabalho com pimenta Pitanga, Grossi *et al.* (2005) identificaram que doses de 30 e 60 mg L⁻¹ de PBZ reduziram a altura da pimenta, mas também causaram sintomas de fitotoxicidade nas folhas, tornando inviável a comercialização das plantas. Tais sintomas foram ausentes nas cultivares utilizadas neste experimento.

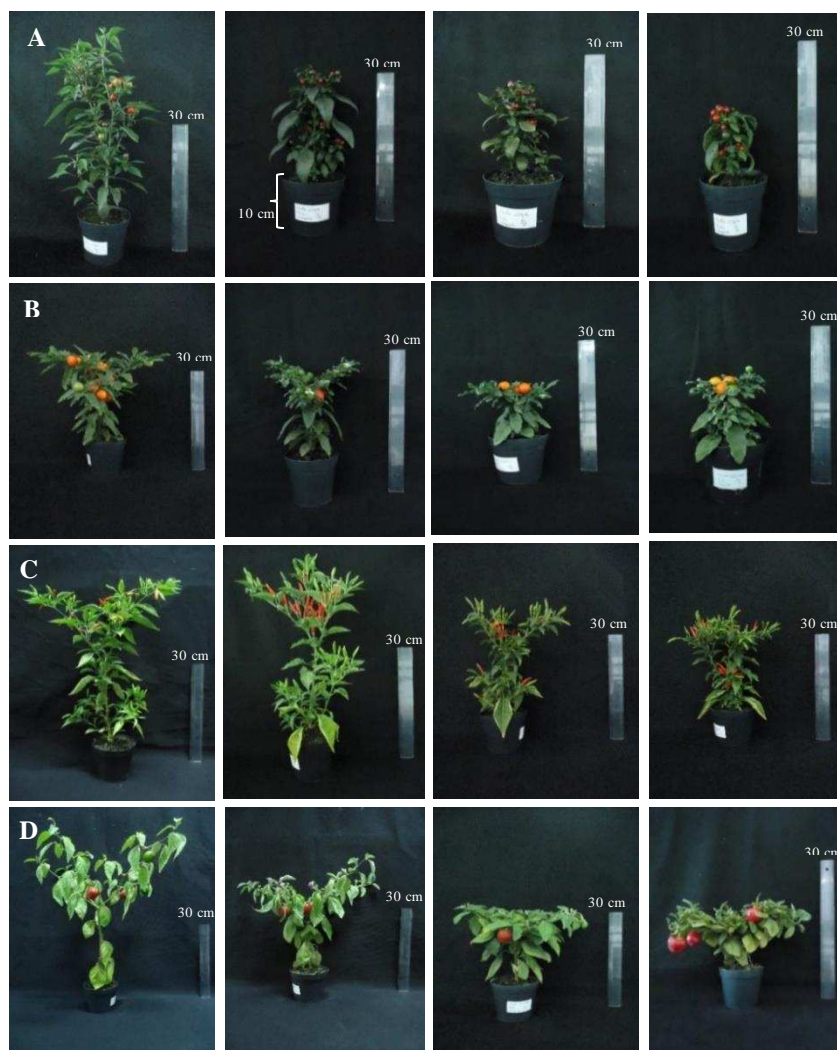


Figura 1: A – Cultivar Pérola Negra (*C. annuum*); B – Peloteira (*S. pseudocapsicum*); C – Pimenta Malagueta (*C. frutescens*); D - Rocoto Vermelha (*C. pubescens*) tratadas com 0; 5; 10 e 20 mg L⁻¹ de paclobutrazol. Em todas as figuras as concentrações crescentes estão representadas na sequência da esquerda para direita.

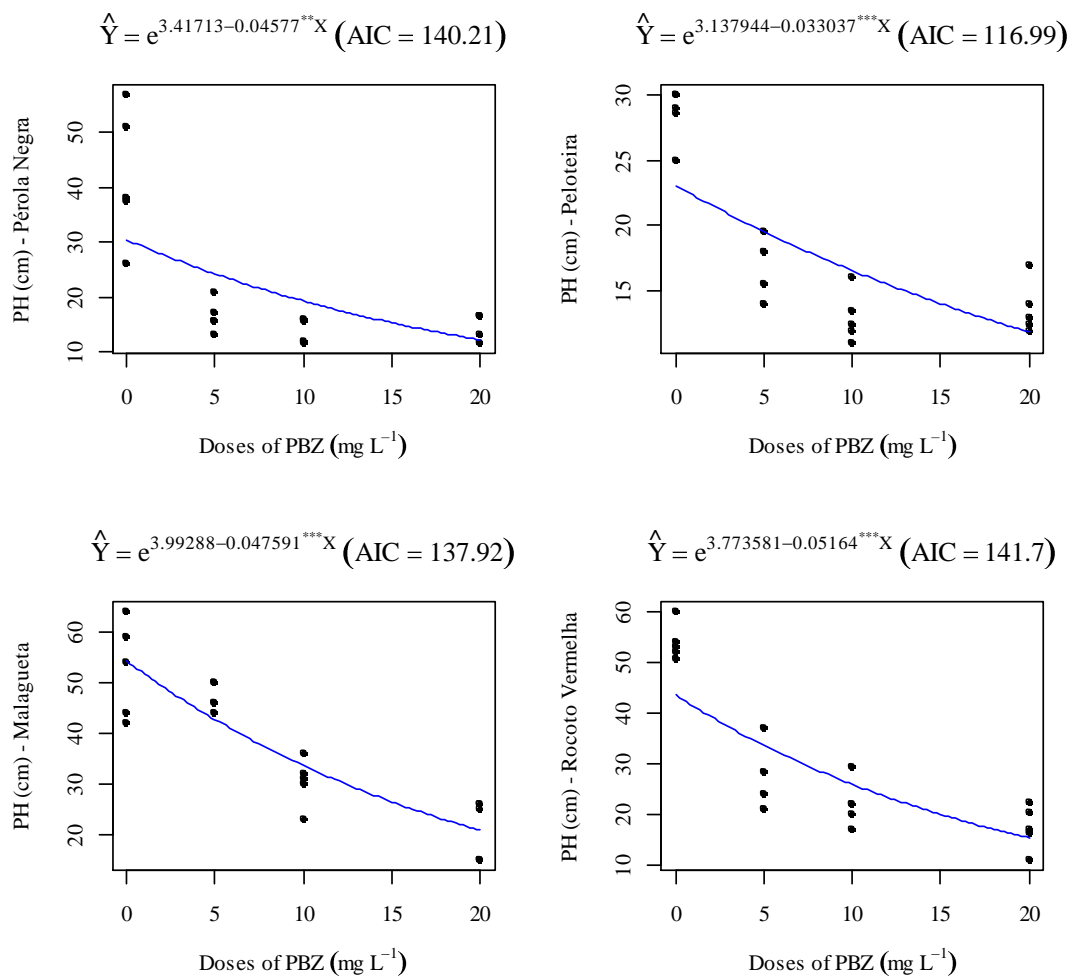


Figura 2 – Modelo de regressão gama ajustado para altura da planta (PH), em função das doses de PBZ em cultivares de pimenta. Nos modelos ajustados “*”, “**” e “***”, indica significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

Considerando o diâmetro da copa, houve redução exponencial em função do aumento das concentrações de PBZ aplicadas nas cultivares Pérola Negra, Peloteira, Malagueta e Rocoto Vermelha (Figura 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Bosch *et al.*, (2016) em *Fisalis (Physalis angulata)* e Grossi *et al.*, (2005) em pimenta Pitanga (*C. chinense*). Estes autores aplicaram 5, 10, 15, 30 e 60 mg L⁻¹ de ingrediente ativo PBZ no substrato das plantas, o que resultou em uma redução máxima de 50% no diâmetro da copa. De acordo com os padrões de Veiling Holambra, o dossel das pimentas deve cobrir toda a superfície do pote (Veiling, 2017).

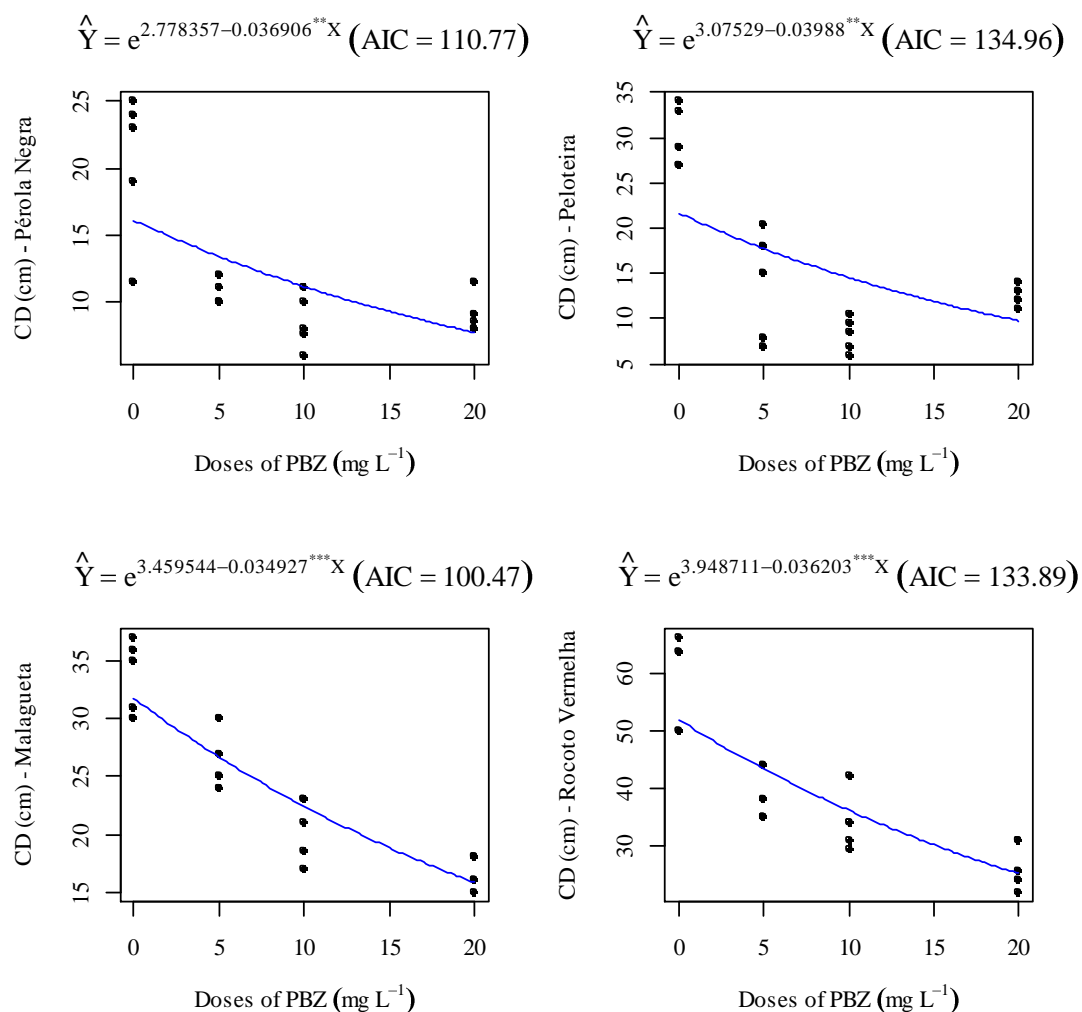


Figura 3 – Modelos de regressão gama ajustado para a variável diâmetro da copa (CD), em função das doses de PBZ em cultivares de pimenta. Nos modelos ajustados “*”, “**” e “***”, indica significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

A altura da primeira bifurcação foi reduzida exponencialmente com o aumento das doses de PBZ. Para cada unidade de PBZ adicionada na planta, é esperada uma redução relativa de 2, 1, 4 e 5% na primeira bifurcação das cultivares Pérola Negra, Peloteira, Malagueta e Rocoto Vermelha, respectivamente (Figura 4). A redução dos internódios do caule é uma das mudanças morfológicas mais conhecidas resultantes da aplicação de PBZ (Quinlan, 1981).

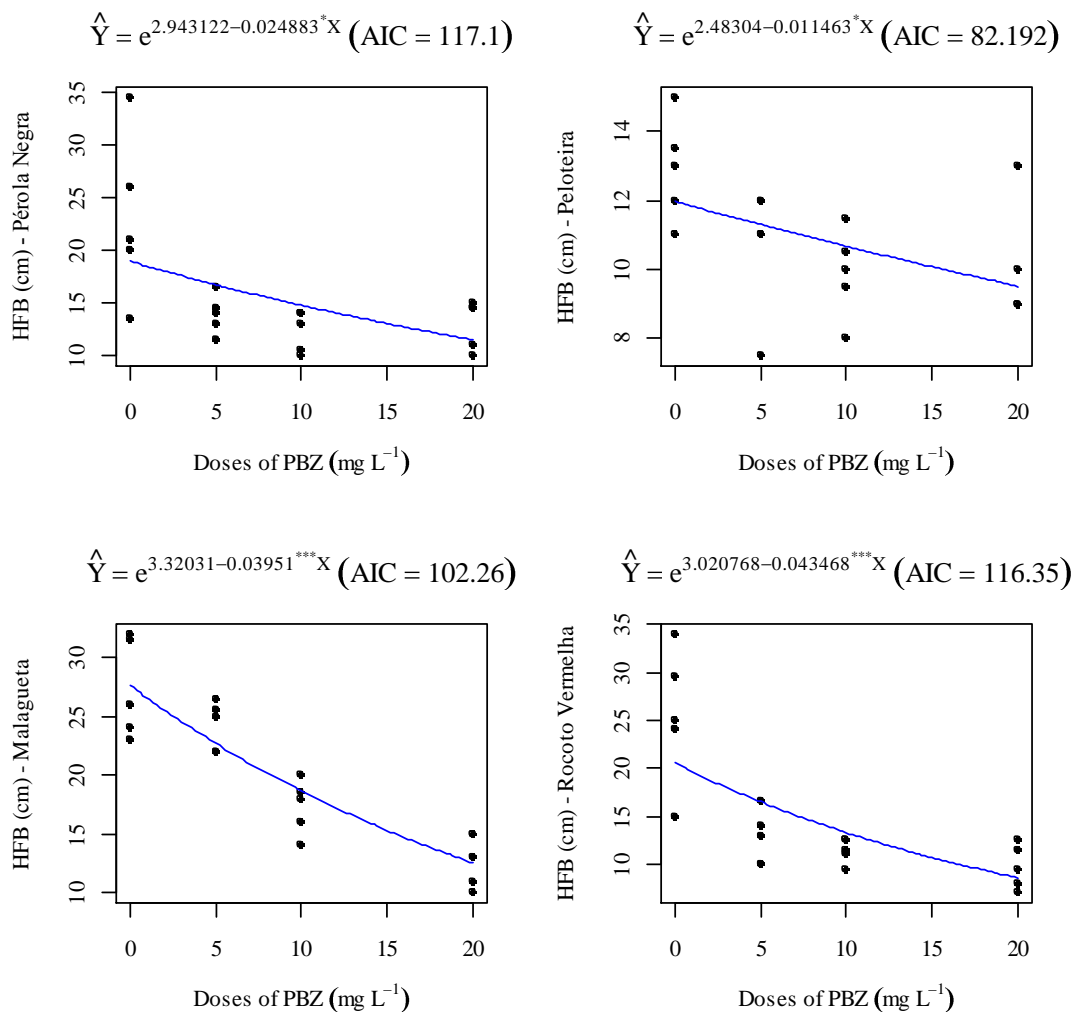


Figura 4 –Modelo de regressão gama ajustado para a variável altura da primeira bifurcação (HFB), em função das doses de PBZ em cultivares de pimenta. Nos modelos ajustados “*”, “**” e “***”, indica significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

Considerando o diâmetro do caule, não verificou-se efeito significativos do PBZ nas cultivares Pérola Negra, Peloteira e Rocoto Vermelha (Figura 5). Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos com girassol, onde o PBZ também não afetou o diâmetro do caule (Koutroubas e Damalas, 2014; Koutroubas e Damalas, 2015).

Uma diminuição progressiva no diâmetro do caule foi induzida pelo PBZ na cultivar Malagueta. De acordo com o modelo ajustado espera-se uma redução relativa de 2% para cada unidade de PBZ aplicada no intervalo de 0 a 20 mg L⁻¹ (Figura 5). Embora a diminuição no diâmetro do caule não tenha influenciado o valor comercial das plantas, hastes mais espessas aumentam a resistência das plantas para inclinação e danificação durante o transporte e manuseio na pós-produção em geral.

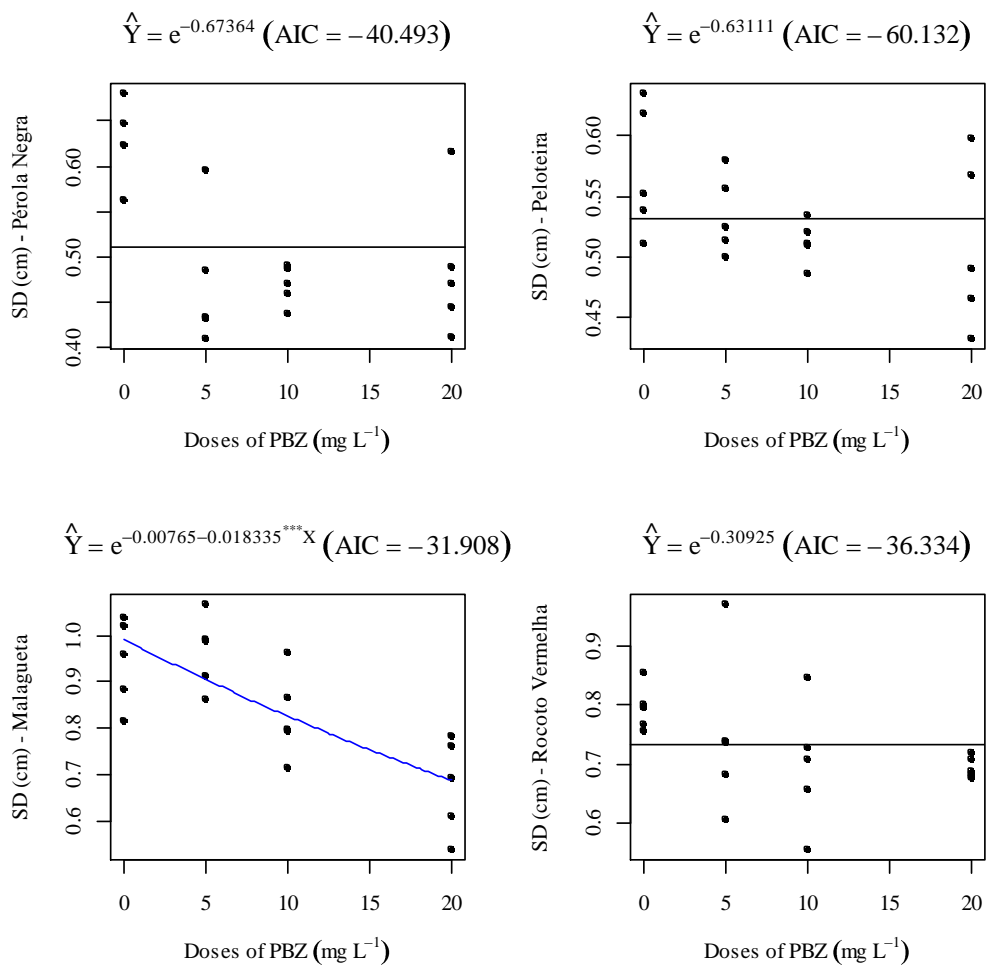


Figura 5 – Modelo de regressão gama ajustado para a variável diâmetro do caule (SD), em função das doses de PBZ em cultivares de pimenta. Nos modelos ajustados “*”, “**” e “***”, indica significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

A massa fresca do fruto da cultivar Pérola Negra foi reduzido com o aumento das doses de PBZ, é estimada uma redução de 4% no peso do fruto fresco para cada unidade de PBZ acrescentada (Figura 6). De acordo com Cavatte *et al.* (2012), as reduções no tamanho da planta resultam em auto-sombreamento, e conseqüente diminuição da eficiência da fotossíntese e, posteriormente, redução da massa dos frutos.

Não houve diferença estatística significativa no peso do fruto fresco para as cultivares Peloteira, Malagueta e Rocoto Vermelha (Figura 6). Para estas cultivares, as doses de PBZ aplicadas não são recomendadas para melhorar o peso do fruto fresco. Neitzke *et al.* (2016) avaliando a qualidade ornamental das pimentas descobriram que a cor do fruto contrastando com a cor esverdeada das folhas é a característica mais importante preferida pelos consumidores.

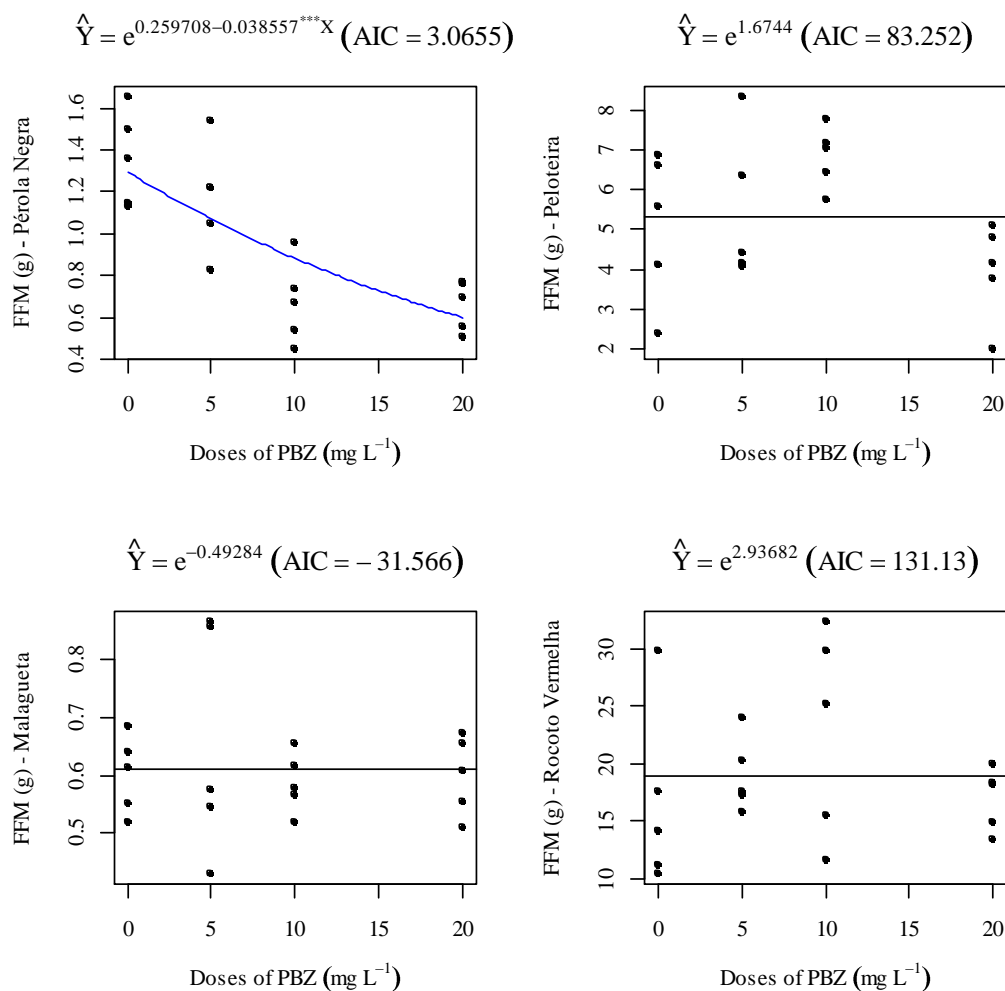


Figura 6 – Modelo de regressão gama ajustado para a variável massa fresca do fruto (FFM), em função das doses de PBZ em cultivares de pimenta. Nos modelos ajustados “*”, “**” e “***”, indica significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

A aplicação de PBZ afetou de forma diferente o número de frutos nas cultivares Pérola Negra, Peloteira, Malagueta e Rocoto Vermelha. Para a cultivar Malagueta, o aumento da concentração de PBZ resultou no incremento do número de frutos, sendo que para cada unidade de PBZ aplicada é esperado um aumento relativo de 1% no número de frutos por planta (Figura 7).

O efeito do PBZ sobre o número de frutos por planta pode estar relacionado à redução do crescimento da planta, redistribuindo os fotoassimilados para o desenvolvimento reprodutivo (Khalil e Aly, 2013). No entanto, concentrações elevadas de PBZ podem inibir a floração e, conseqüentemente resultar em menor produção de frutos, como ocorrido nas cultivares Pérola Negra e Peloteira (Figura 7). Nessas cultivares, a cada dose de PBZ acrescida na planta, é esperado uma redução de 3 e 2% no número de frutos,

respectivamente. Esse comportamento de produção no número de frutos também foi encontrado em *Physalis* (*Physalis angulata*) por Bosch *et al.* (2016).

Para a cultivar Rocoto Vermelha, não houve efeito do PBZ sobre o número de frutos (Figura 7). Como o número de frutos é um atributo considerado relevante no mercado de pimenta, outras doses de PBZ devem ser testadas em outros estudos.

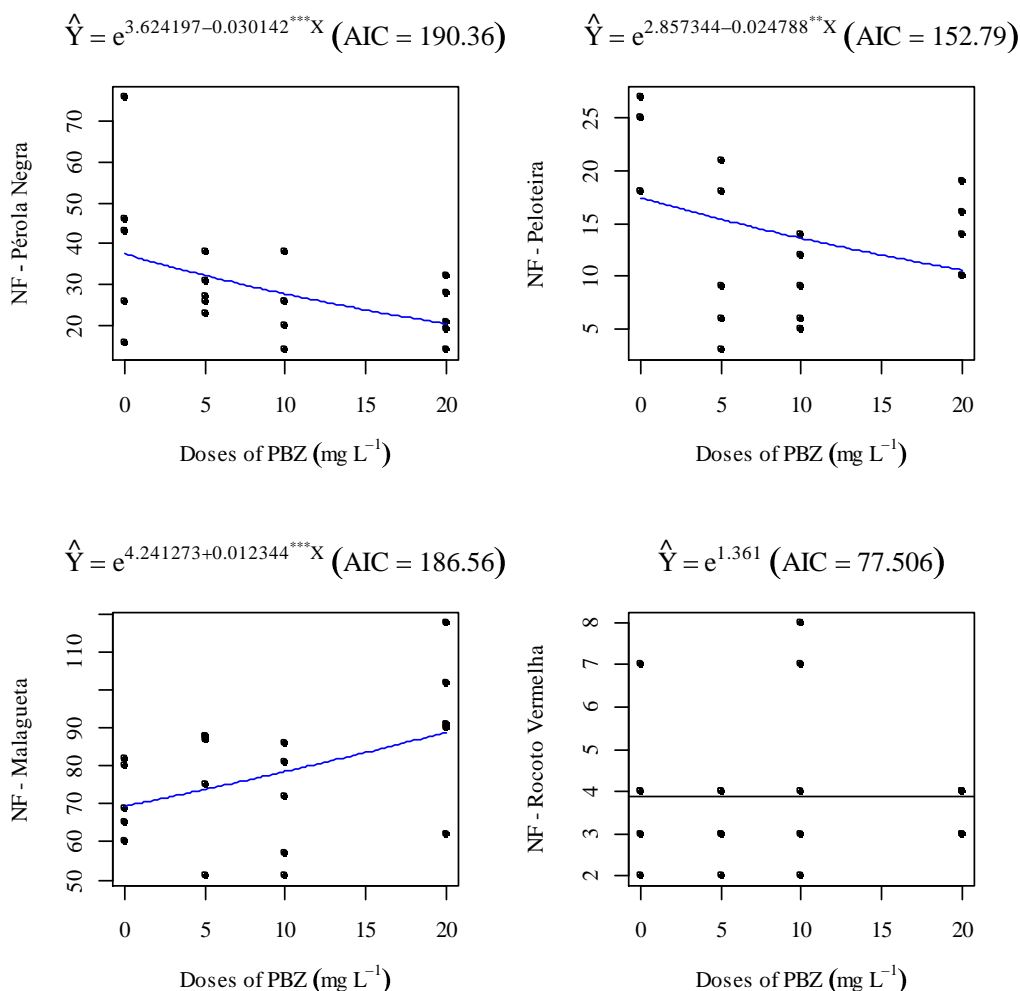


Figura 7 – Modelo de regressão Poisson ajustado para a variável número de frutos (NF), em função das doses de PBZ em cultivares de pimenta. Nos modelos ajustados “*”, “**” e “***”, indica significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

O número de dias para início da floração aumentou em função do aumento doses de PBZ nas cultivares Peloteira e Rocoto Vermelha (Figura 8). Resultados semelhantes foram encontrados em estudos com *Lavandula stoechas* (Papageorgiou *et al.*, 2002) e *Physalis* (Yadava, 2012). Por outro lado, as concentrações de PBZ não apresentaram efeitos na floração das cultivares Pérola Negra e Malagueta (Figura 8), mostrando que os efeitos PBZ dependem da maneira de aplicação, concentração e genótipo.

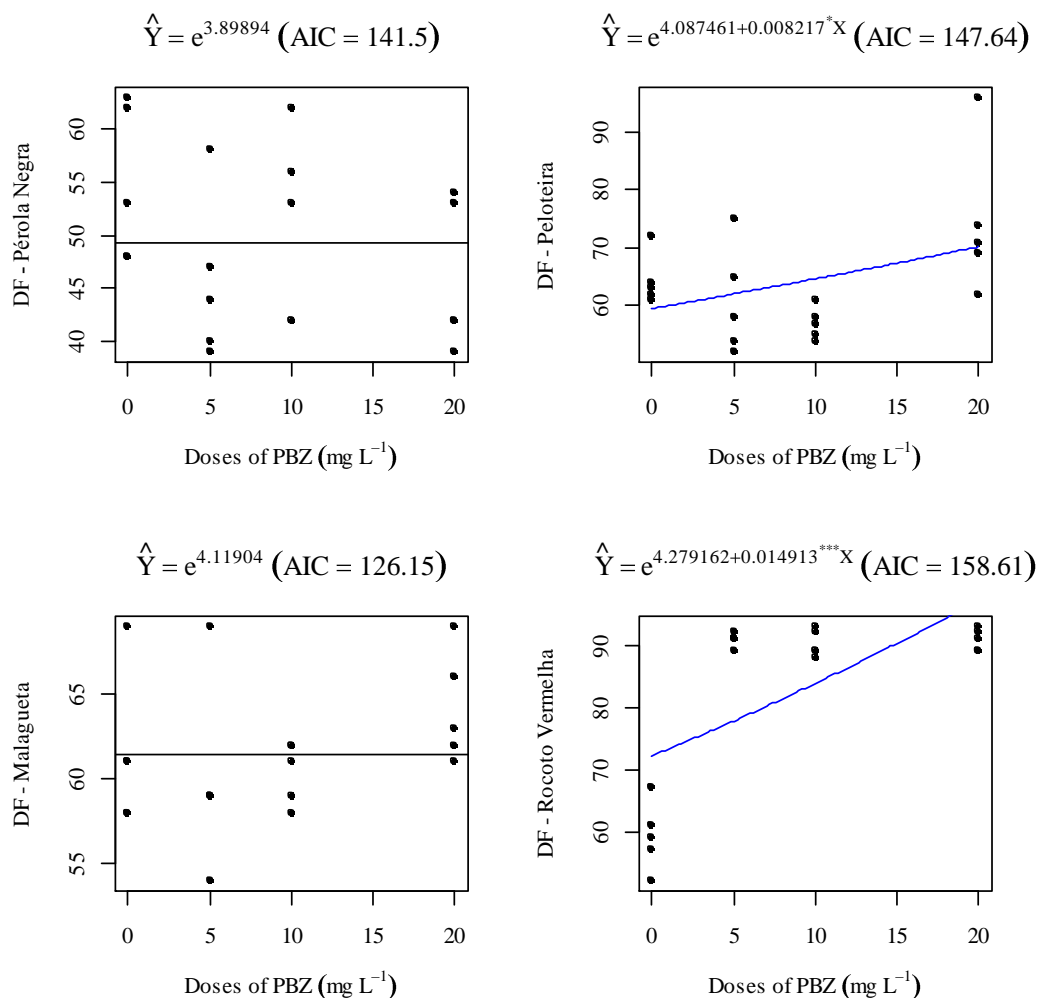


Figura 8 – Modelo de regressão Poisson ajustado para a variável dias para floração (DF), em função das doses de PBZ em cultivares de pimenta. Nos modelos ajustados “*”, “**” e “***”, indica significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

O índice SPAD aumentou com o aumento das doses de PBZ nas cultivares Peloteira, Malagueta e Rocoto Vermelha (Figura 9), indicando que o teor de clorofila foi maior nas plantas tratadas com PBZ. Também em pimentas, Mutlu e Agan (2015) verificaram que o paclobutrazol aumentou o teor de clorofila nas folhas. Por outro lado, as doses de PBZ não afetaram o índice SPAD para a cultivar Pérola Negra (Figura 9).

Algumas teorias foram propostas para explicar como o PBZ afeta a cor verde das folhas. O PBZ pode aumentar o nível endógeno de citocininas melhorando a diferenciação do cloroplasto e a síntese de clorofila, prevenindo a degradação (Fletcher *et al.*, 1982) ou por haver redução da expansão da folha (Chaney, 2005).

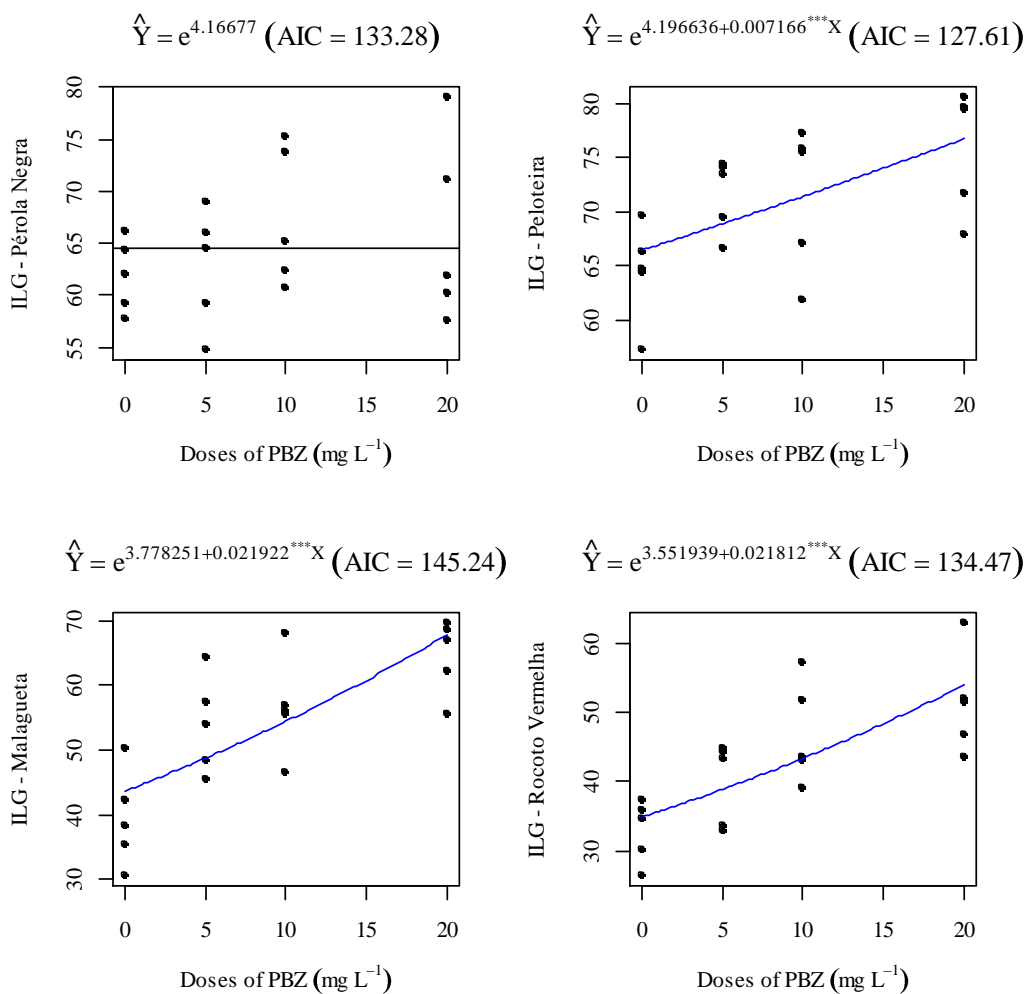


Figura 9 – Modelos de regressão gama ajustados para Índice SPAD (ILG), em função das doses de PBZ em cultivares de pimenta. Nos modelos ajustados “*”, “**” e “***”, indica significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

4 – Conclusão

Houve efeitos significativos das doses de PBZ em todas as características morfológicas avaliadas, no entanto, as doses de PBZ afetaram de forma diferente cada cultivar. Uma altura decorativa adequada foi obtida nas doses 5, 10 e 20 mg L⁻¹ de paclobutrazol para a Pérola Negra (*C. annuum*) e Rocoto Vermelha (*C. pubescens*), 5 mg L⁻¹ para Peloteira (*S. pseudocapsicum*) e 10 e 20 mg L⁻¹ para Malagueta (*C. frutescens*).

5 - Referências

- Akaike H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Automatic Control*, 9(6): 716-723.
- Barroso PA; Rêgo ER; Rêgo MM; Nascimento KS; Nascimento NFF; Nascimento MF; Soares WS; Ferreira KTC; Otoni WC. 2012. Analysis of Segregating Generation for Components of Seedling and Plant Height of Pepper (*Capsicum annuum* L.) for Medicinal and Ornamental Purposes. *Acta Horticulturae*, 953: 269-276.
- Benett KSS; Faria Junior MJA; Benett CGS; Seleguini A; Lemos OL. 2014. Utilização de paclobutrazol na produção de mudas de tomateiro. *Comunicata Scientiae*, 5(2): 164-169.
- Bosch E; Cuquel FL; Tognon GB. 2016. Physalis size reduction for potted ornamental plant use. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(5): 555-564.
- Bozdongan H. 1987. Model selection and Akaike's Information Criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. *Psychometrika*, 52(3): 345-370.
- Brito CLL; Matsumoto SN; Santos JL; Gonçalves DN; Ribeiro AFF. 2016. Efeito do paclobutrazol no desenvolvimento de plantas de girasol ornamental. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(1): 153 – 160.
- Cavatte RPQ; Salomão LCC; Siqueira DL; Peternelli LA; Cavatte PC. 2012. Reduction of the size and production of 'Prata Anã' and 'Fhia-01' Banana trees treated with paclobutrazol. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(2): 356-365.
- Chaney WR. 2005. Growth retardants: A promising tool for managing urban trees. *Forestry & Natural Resources*, 252-W:1-5.
- Currey CJ; Flax NJ; Walters KJ. 2016. Foliar sprays of flurprimidol, paclobutrazol and uniconazoli suppress height of seed-propagated New Guinea Impatiens. *HortTechnology*, 26(1): 20-29.
- Dagnoko S; Diarisso-Yaro N; Sanogo PN; Adetula O; Nantoumé-Dolo A; Touré-Gamby K; Théra-Traoré A; Katilé S; Diallo-Ba D. 2013. Overview of pepper (*Capsicum* spp.) breeding in West Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 8(13): 1108-1114.
- Descriptors for capsicum (*Capsicum* spp.). Rome: IPGRI,1995. 51 p.
- Dutra Filho JÁ; Melo LJOT; Resende LV; Anunciação Filho CJ; Bastos GQ. 2011. Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, 42(1): 185-192.
- Ferreira KTC; Rêgo ER; Rêgo MM; Fortunato FLG; Nascimento NFF; Lima JAM. 2015. Combining Ability for Morpho-Agronomic Traits in Ornamental Pepper. *Acta Horticulturae*, 1087: 187-194.

Finger FL; Rêgo ER; Segatto FB; Nascimento NFF; Rêgo MM. 2012. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. *Informe Agropecuário*, 33(267): 14-20.

Fletcher RA; Kallidumbil V; Steele P. 1982. An improved bioassay for cytokinin using cucumber cotyledons. *Plant Physiology*, 69: 675-677.

Fletcher RA; Gilley A; Sankhla N; Davis TD. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural reviews*, 24: 55-138.

França CFM; Costa LC; Ribeiro WS; Mendes TDC; Santos MNS; Finger FL. 2017. Evaluation of paclobutrazol application method on quality characteristics of ornamental pepper. *Horticultura Ornamental*, 23(3): 307 – 310.

González-Pérez S; Garcés-Claver A; Mallor C; Sáenz de Miera LE; Fayos O; Pomar F; Merino F; Silvar C. 2014. New Insights into *Capsicum* spp relatedness and the Diversification Process of *Capsicum annuum* in Spain. *PLoS one*, 9(12): e116276.

Goulston GH; Shearing SJ. 1985. Review of the effects of paclobutrazol on ornamental pot plants. *Acta Horticulturae*, 167: 339-349.

Grossi JAS; Moraes PJ; Tinoco SA; Barbosa JG; Finger FL; Cecon PR. 2005. Effects of Paclobutrazol on Growth and Fruiting Characteristics of ‘Pitanga’ Ornamental Pepper. *Acta Horticulturae*, 683: 333-336.

Howard LR; Wildman REC. 2007. Antioxidant vitamin and phytochemical content of fresh and processed pepper fruit (*Capsicum annuum*). *Nutraceuticals and functional foods*, 165-191.

Khalil HA; Aly HS. 2013. Cracking and fruit quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) as affected by pre-harvest sprays of some growth regulators and mineral nutrients. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 5(2): 71-76.

Koutroubas SD; Vassiliou GC; Damalas CA. 2014. Sunflower morphology and yield as affected by foliar applications of plant growth regulators. *International Journal of Plant Production*, 8 (2): 215-229.

Koutroubas SD; Damalas CA. 2015. Sunflower response to repeated foliar applications of paclobutrazol. *Planta Daninha*, 33(1): 129-135.

Luo XJ; Peng J; LI YJ. 2011. Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. *European Journal of Pharmacology*, 650: 1-7.

Mansuroglu S; Karaguzel O; Ortacesme V; Sayan MS. 2009. Effect of paclobutrazol on flowering, leaf and flower colour of *consolida orientalis*. *Pakistan Journal of Botany*, 41(5): 2323-2332.

Meijón M; Rodríguez R; Cañal MJ; Feito I. 2009. Improvement of compactness and floral quality in azalea by means of application of plant growth regulators. *Scientia Horticulturae*, 119: 169–176.

- Mutlu SA; Agan E. 2015. Effects of Paclobutrazol and Pinching on Ornamental Pepper. *HortTechnology*, 25(5): 657-664.
- Nasr MN. 1995. Effect of method of application and concentration of paclobutrazol on *Pelargonium zonale* (L.) as a pot plant. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 40: 261-279.
- Neitzke RS; Fischer SZ; Vasconcelos CS; Barbieri RL; Treptow RO. 2016. Ornamental peppers: acceptance and preferences by consumers. *Horticultura Brasileira*, 34: 102-109.
- Nelder JA; Wedderburn RWM. 1972. Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society*, 135(3): 370-384.
- Papageorgiou I; Giaglaras P; Maloupa E. 2002. Effects of Paclobutrazol and Chlormequat on Growth and Flowering of Lavender. *HortTechnology*, 12(2): 236-238.
- Quinlan JD. 1981. New chemical approaches to control of fruit tree form and size. *Acta Horticulturae*, 120: 95-106.
- Rademacher W. 2000. Growth retardants: effects on Gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, 51: 501-531.
- Rêgo ER; Fortunato FLG; Nascimento MF; Nascimento NFF; Rêgo MM; Finger FL. 2012. Inheritance for Earliness in Ornamental Peppers (*Capsicum annum*). *Acta Horticulturae*, 961: 405-410.
- Rêgo ER; Rêgo MM. 2016. Genetics and Breeding of Chilli Pepper *Capsicum* spp. p. 27-40. In: Rêgo ER; Rêgo MM; Finger FL. *Production and Breeding of Chilli Peppers (Capsicum spp)*. Springer, New York, NY, USA.
- Veiling Holambra - Flowers and Ornamental Plants. Criteria for classification of ornamental pepper. = Flores e Plantas Ornamentais. Critérios de classificação pimenta ornamental. 2017. Available in: http://veiling.com.br/uploads/padrao_qualidade/criterios/pimenta-ornamental-po.pdf Access in: Novembro 14, 2017.
- Wang SY; Sun T; Faust M. 1986. Translocation of Paclobutrazol, a Gibberellin Biosynthesis Inhibitor, in Apple Seedlings. *Plant Physiology*, 82: 11-14.
- Yadava LP. 2012. Effect of growth retardants on floral biology fruit set and fruit quality of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *American Journal of Plant Physiology*, 7: 143-148.

ARTIGO 3

Sensibilidade ao etileno em cultivares de pimenta de vaso tratadas com paclobutrazol

Mayana Ferreira Nascimento¹; Rusthon Magno Cortez dos Santos¹; João José da Silva Neto²; Fernando Luiz Finger³; Claudio Horst Bruckner³

¹Laboratório de Análises de Progênes, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil; ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul, Ponta Porã-MS, Brasil; ³Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil.

RESUMO

Muitos fatores ambientais afetam a fase de pós-produção das plantas ornamentais. A exposição ao etileno é um dos fatores mais importantes que afetam a qualidade de muitas plantas ornamentais em vaso. O trabalho teve como objetivo identificar genótipos de pimenta resistentes ao etileno, e avaliar a influência do paclobutrazol em inibir a sensibilidade ao etileno na fase de pós-produção das pimentas de vaso. Onze cultivares de pimentas foram tratadas com PBZ nas concentrações 0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹ diretamente sobre o substrato de cultivo em vaso. Quando as plantas apresentaram 30% dos frutos maduros, foram transferidas para um recipiente hermético de 90 L e tratados com etileno à 10 µL L⁻¹ por 48 horas, em seguida, mantidas à temperatura ambiente para posterior análise dos efeitos do etileno. Foram feitas contagens do número de folhas e frutos no tempo zero, 48, 96 e 144 horas após o tratamento com etileno. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 11 x 4, onze genótipos e quatro doses de PBZ. O cultivar Peloteira apresentou maior resistência ao etileno, com abscisão foliar de 19%, após 144 horas. Para característica abscisão dos frutos, os cultivares Peloteira, Jalapeño, Stromboli ornamental, Malagueta e Rocoto vermelha apresentaram menor porcentagem de abscisão, variando entre 9 e 34%, após 144 horas de exposição ao etileno. O uso do PBZ não inibiu totalmente os efeitos deletérios do etileno exógeno nas plantas. Porém, o cultivar Pérola Negra apresentou sensibilidade moderada para abscisão de folhas e frutos.

Palavras-chave: regulador de crescimento, pós-produção, abscisão de folhas e frutos, plantas ornamentais

ABSTRACT

Many factors affecting the post-production phase in ornamental plant. Exposure to ethylene is one of the most important factors affecting quality of many potted plants. The study aimed to identify ethylene resistant pepper genotypes, and to evaluate the efficiency of paclobutrazol in inhibiting ethylene sensitivity during the post-production life in potted peppers. The treatments were constituted of eleven cultivars of peppers, the solutions of PBZ were applied at the concentrations 0, 5, 10 and 20 mg L⁻¹ which were applied directly on the growth substrate in the pot. When the plants had 30% of fruits at the ripe stage, were transferred to a 60-L container and treated with ethylene at final concentration of 10 µL/L. The plants were exposed to ethylene for 48 hours and then kept at room temperature for further analysis. Afterwards, the number of leaves and fruits was determined at time zero, 48, 96 and after 144 hours after with ethylene treatment. The experimental design was completely randomized, in a factorial scheme 11 x 4, eleven genotypes and four doses of PBZ. The cultivars Peloteira, Jalapeño, Stromboli ornamental, Malagueta and Rocoto Vermelho showed a lower percentage of fruit abscission, varying between 9 and 26%. Control plants, the cultivar Peloteira presented greater resistance to ethylene, with leaf abscission of 19%, after 144 hours of exposure. For characteristic of fruit abscission, the cultivars Peloteira, Jalapeño, Ornamental Stromboli, Malagueta and Rocoto Vermelha presented a lower percentage of abscission, varying between 9 and 34%, after 144 hours of exposure to ethylene. The use of PBZ did not completely prevent the deleterious effects of exogenous ethylene on plants. However, the cultivar Pérola Negra showed a moderate sensitivity for leaf and fruit abscission.

Key words: growth regulator, post production, leaf and fruit abscission, ornamental plant.

1 - Introdução

As pimentas fazem parte do patrimônio da biodiversidade brasileira, apresentando diversas variedades que diferem quanto ao tipo, cor, tamanho, sabor e ardência (Pereira e Rodrigues, 2005; Nascimento *et al.*, 2012). Seus frutos geralmente apresentam sabor picante, embora também existam pimentas doces com baixo ardor (Pickersgill, 1971), e podem ser consumidos frescos ou cozidos, imaturos ou maduros em conservas, desidratados e na forma de molhos e geleias, o que é uma tendência da gastronomia

contemporânea (Finger e Pereira, 2016). Recentemente, o emprego como plantas ornamentais com dupla finalidade, fonte de beleza e alimento, tem agregado valor às pimenteiras, se configurando como outra forma de aumentar o retorno financeiro para o produtor (Finger *et al.*, 2012; Rêgo e Rêgo, 2016).

A busca por produtos ornamentais aumentou de forma constante ao longo dos últimos anos (Schoellhorn, 2009), em particular, a demanda por pimentas ornamentais em vaso, apresentando grande aumento na última década, tanto no mercado nacional como internacional (Finger *et al.*, 2015). A venda de pimenta decorativa no Brasil ainda está restrita à feiras livres e a alguns supermercados, mas o cenário vem mudando e os consumidores já estão adquirindo pimentas nas floriculturas (Rêgo e Rêgo, 2016). Os frutos das pimentas de diferentes cores e contrastando entre as folhagens (Melo *et al.*, 2014), além de sua durabilidade, custo benefício e fácil manejo agregam valor ao produto, aumentando o poder aquisitivo e procura pelas pimentas (Junqueira e Peetz, 2014).

Embora a cultura da pimenta seja de fácil manejo, existem alguns problemas na fase de pós-produção que afetam a qualidade e a vida útil das plantas em vasos, com especial atenção aos efeitos adversos quando expostos ao etileno. O etileno é um hormônio vegetal gasoso e produzido por todas as plantas, provocando diferentes respostas fisiológicas e morfológicas nas plantas (Bleecker e Kende, 2000; An *et al.*, 2010).

Durante o transporte e comercialização, as plantas são expostas a condições de baixa luminosidade, altas temperaturas e injúrias mecânicas, causando estresse na planta (Hoyer, 1996), e conseqüentemente, aumento na taxa de produção de etileno endógeno (Mayak *et al.*, 2004; Siddikee *et al.*, 2011). Quando as plantas são expostas ao etileno no ar circundante, as flores e plantas sensíveis ao etileno sofrerão murcha, secagem do botão, abscisão de folhas, flores e frutos (Woltering *et al.*, 1996). As conseqüências oriundas da ação do etileno em variedades sensíveis é uma das causas que limitam a comercialização das pimenteiras ornamentais (Segatto, *et al.*, 2013).

Para a maioria das plantas superiores, o etileno é ativo em baixas concentrações, entretanto, a intensidade de seus efeitos deletérios deve-se principalmente à sensibilidade da espécie ou da variedade ao regulador (Finger *et al.*, 2012). A sensibilidade ao etileno em plantas ornamentais é, geralmente, definida em nível de família, mas, pode variar dentro de uma mesma espécie (Serek *et al.*, 2006). Santos *et al.* (2013) avaliando uma população segregante (F₂) de pimenteiras ornamentais da espécie *Capsicum annuum* para resistência a etileno, observaram variação existente entre os indivíduos da mesma família.

Tratamentos com inibidores da síntese e ação do etileno são indicados para retardar os efeitos prejudiciais do hormônio. A ação do Paclobutrazol na inibição da síntese de etileno é descrita por vários autores (Antunes *et al.*, 2008; Min e Bartholomew, 1996), sugerindo que a conversão de ACC a etileno, catalisada pela ACC oxidase, é influenciada pelo inibidor vegetal (Wang e Steffens, 1985; Tari e Mihalik, 1998). O paclobutrazol (PBZ), é um regulador que bloqueia a biossíntese de ácido giberélico, interferindo nos três primeiros passos da rota de oxidação do caureno (Graebe, 1987; Rademacher, 1997), reduzindo a altura das plantas e aumentando a clorofila nas folhas de pimentas ornamentais (França *et al.*, 2017).

Poucos estudos são realizados em pimentas ornamentais em relação a fatores de pós-produção, como níveis de sensibilidade ao etileno, e uso de inibidores da síntese e ação de etileno, para aumentar a longevidade pós-produção em vasos. Diante disso, os objetivos do trabalho foram avaliar a sensibilidade de onze cultivares de pimenta de vaso ao efeito do etileno, em simulação de transporte ou comercialização; e avaliar se o regulador de crescimento paclobutrazol interfere na sensibilidade ao etileno, durante a fase de pós produção em pimentas ornamentais.

2 - Material e Métodos

2.1 Condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Horta do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (20° 45' 47" LS e 42° 49' 13" LW). Os tratamentos foram constituídos de onze cultivares comerciais de pimentas: Pérola negra e Jalapeño (*Capsicum annuum*); Malagueta, Tabasco, Stromboli ornamental, Pirâmide ornamental (*Capsicum frutescens*); Rocoto vermelha (*Capsicum pubescens*); Dedo de moça (*Capsicum baccatum*), Bode vermelha e Biquinho vermelha (*Capsicum chinense*) e Peloteira (*Solanum pseudocapsicum*).

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno com 200 células, contendo substrato comercial (Bioplant). Foram utilizadas duas sementes por célula sendo feito desbaste, se necessário, após a germinação. Quando as plantas atingiram o estágio de quatro pares de folhas definitivas, foram transplantadas para vasos de 700 ml, pote 13, (10 cm de altura, 9 cm de diâmetro basal e 12 cm diâmetro superior) com uma planta por vaso. Sempre que necessário foram realizados os tratos culturais recomendados à cultura.

2.2 Aplicação do regulador de crescimento

O regulador de crescimento, paclobutrazol (PBZ), foi aplicado após as plantas apresentarem altura entre 10 e 15 cm. Cada planta recebeu 150 mL da solução de PBZ diretamente no substrato de cultivo, nas concentrações 0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹, correspondendo a 0,75, 1,5 e 3 mg do princípio ativo. O produto comercial utilizado foi o Cultar® (250 g i.a. PBZ por litro, Syngenta Crop Protection).

2.3 Aplicação de etileno

Quando as plantas atingiram estágio de desenvolvimento adequado para comercialização, ou seja, cerca de 30 % dos frutos maduros, as plantas foram avaliadas quanto a sensibilidade ao etileno.

Os vasos foram colocados em câmaras de 90 litros hermeticamente fechadas, no escuro, simulando condições de estresse durante o transporte ou armazenamento e foram expostas à concentração de 10 µL L⁻¹ de etileno por 48 horas. A simulação de transporte avaliada foi parcial, pois não foram analisados fatores como a vibração e a temperatura.

Para a avaliação da qualidade e longevidade, após a aplicação de etileno, as plantas foram transferidas para o interior de uma sala para simulação de interior (lojas, supermercados e casa do consumidor final) com temperatura de 25±1°C, 8-10 µmol s⁻¹ m⁻² luz fluorescente, UR 60-65% e irrigadas quando necessário. A durabilidade comercial foi avaliada através dos parâmetros abscisão de folhas (AF) e frutos (AFR).

As porcentagens de abscisão de folhas e frutos foram realizadas a cada dois dias, a partir do primeiro dia após o tratamento com etileno (tempo zero), sendo encerradas 144 horas após o tratamento com etileno.

2.4 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 11 x 4, onze genótipos e quatro doses de PBZ, com cinco repetições. Os dados quantitativos foram submetidos à análise de variância, com posterior agrupamento de médias pelo critério de Skott-Knott a 1% de probabilidade e comparação das médias pelo teste de Dunnett a 5%. As análises estatísticas foram realizadas através do programa computacional Genes (Cruz, 2013).

3 - Resultados e Discussão

Os efeitos da interação entre dose e genótipos foram significativos, pelo teste F ($p < 0,01$) para as características abscisão de folhas e frutos (dados não mostrados), o que

significa que o comportamento dos cultivares foi distinto para resistência ao etileno quando alterado as doses de paclobutrazol (PBZ).

Após 48 horas de exposição ao etileno, os cultivares controle (sem aplicação de PBZ), apresentaram níveis variados de sensibilidade ao etileno para abscisão foliar. Segundo o critério de Skott-Knott, os genótipos foram agrupados em três classes distintas. Os cultivares Pérola Negra (*C. annuum*), Jalapeño (*C. annuum*) e Biquinho Vermelho (*C. chinense*) apresentaram maior porcentagem de abscisão foliar, 68, 64 e 97%, respectivamente. Os cultivares com menor sensibilidade ao etileno foram Peloteira (*Solanum pseudocapsicum*) e Pimenta Malagueta (*C. frutescens*), 5 e 17% de abscisão foliar, respectivamente (Tabela 1) (Figura 1). Nascimento *et al.*, (2015) e Lima *et al.*, (2017) também relataram diferentes níveis de sensibilidade ao etileno em genótipos de pimenta ornamental. Demonstrando haver variabilidade genética dentro de uma mesma espécie como preconizado por Serek *et al.* (2006).

De acordo com Rêgo *et al.*, (2015), em programas de melhoramento genético de pimentas ornamentais que almejam o lançamento de novas cultivares, é interessante a seleção de genótipos que reúnam características como crescimento rápido, arquitetura adequada para comercialização, resistência ao envelhecimento e melhoria de vida de prateleira pós-produção, promovendo a hibridação entre genótipos selecionados.

Tabela 1 – Médias de onze cultivares de pimentas para abscisão de folhas (AF) e abscisão de frutos (AFR), 48, 96 e 144 horas após exposição ao etileno, sem aplicação de PBZ.

Cultivares	Sem aplicação de PBZ (Controle)					
	48 horas		96 horas		144 horas	
	AF	AFR	AF	AFR	AF	AFR
Pirâmide ornamental	41.69b	54.67a	49.42b	59.61a	66.85b	62.0a
Pérola Negra	68.97a	33.01a	84.03a	35.99b	93.16a	49.22a
Dedo de moça	52.78b	31.27a	76.82a	42.51a	94.16a	49.19a
Bode vermelha	38.91b	38.11a	53.90b	56.40a	61.35b	58.44a
Peloteira	5.88c	6.04b	11.21c	7.52b	19.44c	9.12b
Jalapeño	64.53a	1.81b	79.04a	23.66b	90.67a	30.60b
Biquinho vermelha	97.55a	45.54a	100a	62.44a	100a	62.86a
Tabasco	31.24b	66.87a	70.86a	72.63a	74.33b	74.26a
Stromboli ornamental	49.39b	11.24b	77.93a	19.75b	91.40a	23.55b
Malagueta	17.20c	17.80b	72.11a	32.58b	84.06a	34.69b
Rocoto vermelha	39.10b	14.71b	88.47a	14.71b	92.73a	36.38b

Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo critério de Scott-Knott a 1% de probabilidade.

Às 96 e 144 horas após aplicação do etileno, foi observado um aumento na porcentagem de abscisão foliar. Os cultivares foram agrupados em três classes distintas, o cultivar Peloteira apresentou menor sensibilidade ao etileno, com abscisão foliar de 11 e 19%, respectivamente (Tabela 1). A sensibilidade das plantas ornamentais ao etileno geralmente é estabelecida a nível familiar, mas existem diferenças acentuadas entre espécies e cultivares (Serek *et al.*, 2006; Cordeiro *et al.*, 2011). Santos *et al.*, (2013), avaliando a sensibilidades ao etileno em população segregante (F₂) de pimenta ornamental *C. annuum*, observou que alguns genótipos eram totalmente sensíveis ao etileno e outros resistentes.

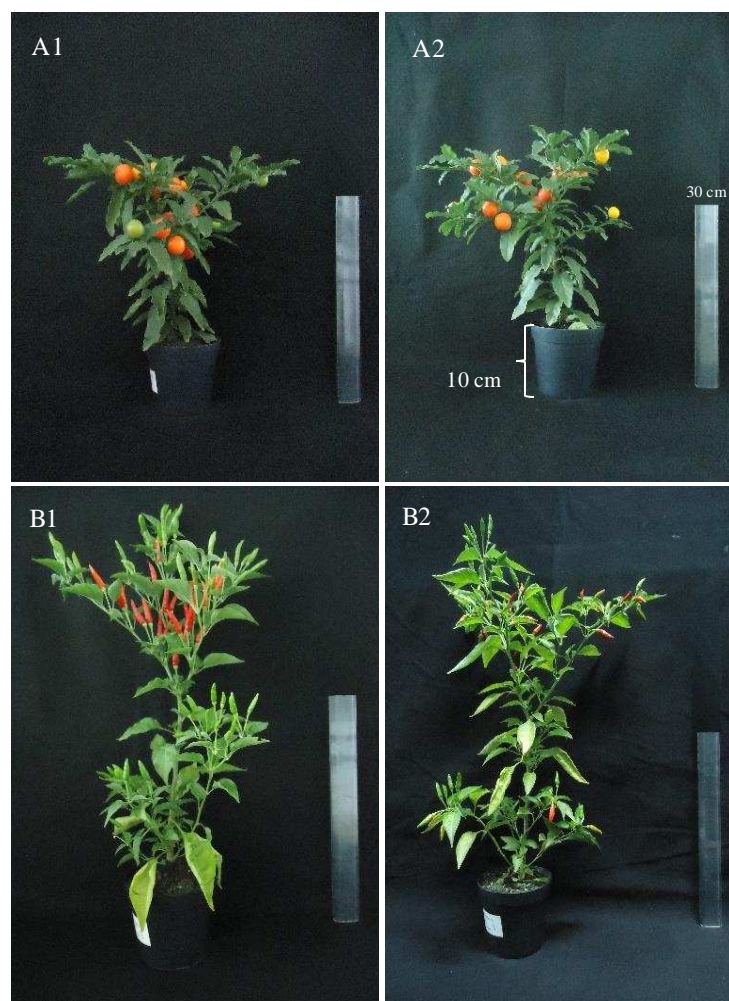


Figura 1 – Efeito da ação do etileno em cultivares de pimenta de vaso. A1 – Peloteira (*S. pseudocapsicum*) antes do tratamento com etileno (planta controle); A2 – Peloteira 48 horas após a exposição ao etileno. B1 – Pimenta Malagueta (*C. frutescens*) antes do tratamento com etileno; B2 - Pimenta Malagueta 48 horas após a exposição ao etileno.

Quanto a abscisão de frutos, os cultivares foram divididos em dois grupos distintos, às 48, 96 e 144 h. Os cultivares Peloteira, Jalapeño, Stromboli ornamental, Malagueta e Rocoto apresentaram menor abscisão de frutos (Tabela 1). A sensibilidade ao etileno é

um fator que afeta a comercialização das pimentas, uma vez que os efeitos danosos causados pelo etileno diminui a qualidade e vida de vaso das plantas ornamentais (Finger *et al.*, 2012). A incorporação de genes de resistência em novos cultivares permitirá melhorar a longevidade das plantas ornamentais sensíveis ao etileno (Finger *et al.*, 2015).

As plantas expostas 48 horas ao etileno e previamente tratadas com 5, 10 e 20 mg L⁻¹ PBZ foram divididas em dois grupos distintos para a característica abscisão foliar. As cultivares Jalapeño, Biquinho vermelha, Tabasco e Rocoto vermelha foram as mais sensíveis a queda de folhas, acima de 50%, com plantas inadequadas para comercialização. Para esses cultivares, o paclobutrazol não obteve nenhum efeito sobre a sensibilidade ao etileno (Tabela 2). O etileno pode ser benéfico ou prejudicial para plantas ornamentais. Ele pode aumentar a maturação inicial dos frutos, no entanto pode ocasionar a clorose das folhas, a abscisão das folhas, frutos e flores ou acelerar a senescência (Leatherwood e Mattson, 2010), reduzindo a vida útil de prateleira (Segatto *et al.*, 2013).

Tabela 2 – Médias de onze cultivares para abscisão de folhas (AF) e abscisão de frutos de pimenta (AFR), 48 horas após exposição ao etileno, com aplicação de 0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ.

Cultivares	48 Horas							
	0 mg L ⁻¹		5 mg L ⁻¹		10 mg L ⁻¹		20 mg L ⁻¹	
	AF	AFR	AF	AFR	AF	AFR	AF	AFR
Pirâmide ornamental	41.69b	54.67a	43.58b ^{ns}	21.14a ^{ns}	43.53b ^{ns}	26.44b ^{ns}	45.92b ^{ns}	18.29b*
Pérola Negra	68.97	33.01a	16.90b*	5.83a ^{ns}	23.59b*	9.91b ^{ns}	27.76b*	26.32b ^{ns}
Dedo de moça	52.78b	31.27a	34.38b ^{ns}	31.33a ^{ns}	20.97b ^{ns}	7.93b ^{ns}	28.32b ^{ns}	2.85b ^{ns}
Bode vermelha	38.91b	38.11a	37.37b ^{ns}	45.25a ^{ns}	20.21b ^{ns}	57.80a ^{ns}	26.53b ^{ns}	54.17a ^{ns}
Peloteira	5.88c	6.04b	39.58b*	21.74a ^{ns}	29.27b ^{ns}	15.53b ^{ns}	13.04b ^{ns}	9.46b ^{ns}
Jalapeño	64.53a	1.81b	88.06a ^{ns}	42.0a*	72.02a ^{ns}	30.96b ^{ns}	54.98a ^{ns}	28.88b ^{ns}
Biquinho vermelha	97.55a	45.54a	61.06a*	42.34a ^{ns}	90.76a ^{ns}	59.76a ^{ns}	70.85a ^{ns}	67.91a ^{ns}
Tabasco	31.24b	66.87a	54.40a ^{ns}	43.07a ^{ns}	31.93b ^{ns}	18.92b*	42.22b ^{ns}	20.23b*
Stromboli	49.39b	11.24b	43.24b ^{ns}	2.27a ^{ns}	48.26b ^{ns}	0.86b ^{ns}	37.46b ^{ns}	2.10b ^{ns}
Malagueta	17.20c	17.80b	28.96b ^{ns}	26.88a ^{ns}	18.56b ^{ns}	30.75b ^{ns}	42.75b ^{ns}	38.55a ^{ns}
Rocoto vermelha	39.10b	14.71b	61.04a ^{ns}	13.33a ^{ns}	71.45a*	45.59a ^{ns}	83.39a*	50.0a*

Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo critério de Scott-Knott a 1% de probabilidade.

* seguidos na mesma linha indica significância pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Em relação a abscisão dos frutos, na concentração 5 mg L⁻¹ de PBZ não houve formação de grupos. Os cultivares apresentaram menos que 50% de abscisão de frutos

(Tabela 2). Nas dose 10 e 20 mg L⁻¹ PBZ, os cultivares foram divididos em dois grupos distintos. Bode vermelha, Biquinho vermelha, Malagueta e Rocoto vermelha foram os cultivares que apresentaram maiores porcentagens médias para abscisão de frutos, variando entre 38 e 67% (Tabela 2). Neste caso, para esses cultivares, a concentração 10 e 20 mg L⁻¹ PBZ não inibiu a sensibilidade ao etileno. Os frutos são o atributo que mais chama atenção dos consumidores nas pimentas ornamentais (Neitzke *et al.*, 2016), portanto, é necessário que além de apresentar um porte adequado para ornamentação, as pimentas apresentem frutos coloridos, contrastando entre folhagem (Carvalho *et al.*, 2006; Finger *et al.*, 2012) e que os mesmos se mantenham aderidos à planta.

De acordo com o teste de Dunnett, a aplicação de PBZ nas concentrações 5, 10 e 20 mg L⁻¹ reduziram a sensibilidade ao etileno exógeno do cultivar Pérola Negra, a mesma apresentou porcentagem média de abscisão de folhas de 16, 23 e 27%, respectivamente (Tabela 2 e Figura 2). Semelhante ocorreu no cultivar Biquinho vermelha, na concentração de 5 mg L⁻¹ de PBZ, em que houve uma redução de 36% de abscisão foliar, quando comparado com as plantas controle (Figura 3).

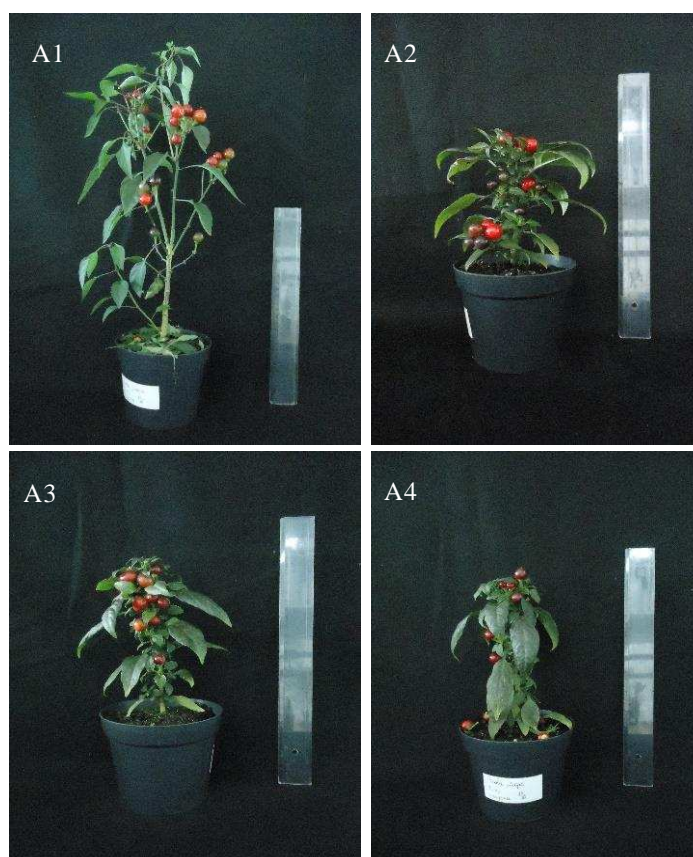


Figura 2 - Efeito da ação do etileno no cultivar Pérola Negra, 48 horas após exposição ao etileno. A1 – Planta controle (0 mg L⁻¹ PBZ); A2 - 5 mg L⁻¹ PBZ; A3 - 10 mg L⁻¹ PBZ; A4 - 20 mg L⁻¹ PBZ.



Figura 3 – Efeito da ação do etileno no cultivar Biquinho Vermelha, 48 horas após exposição ao etileno. A1 – Planta controle (0 mg L^{-1} PBZ); A2 - 5 mg L^{-1} PBZ.

Os demais cultivares não apresentaram diferenças significativas quanto a sensibilidade ao etileno, independente do tratamento com paclobutrazol aplicado (Tabela 2).

A maioria dos estudos com paclobutrazol são concentrados nos efeitos que ele causa no porte da planta, floração e frutificação, como relatado por Grossi *et al.*, (2005) e França *et al.*, (2017) em *Capsicum* spp. Estudos sobre os possíveis efeitos positivos que o PBZ pode proporcionar à planta, quanto a sensibilidade ao etileno, é de suma importância para comercialização de pimentas ornamentais, uma vez que poderá prevenir as pimentas dos efeitos deletérios causados pela ação do etileno e ainda pode conferir uma arquitetura adequada para comercialização.

De acordo com o critério de Scott-knott, 96 horas após a exposição ao etileno, os cultivares foram divididos em duas classes distintas nas concentrações 5, 10 e 20 mg L^{-1} PBZ, para as características abscisão de folhas e frutos. As plantas mais sensíveis ao etileno apresentaram mais de 50 e 30% para abscisão de folhas e frutos, respectivamente, deixando as plantas inviáveis para comercialização (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias de onze cultivares para abscisão de folhas (AF) e abscisão de frutos (AFR) de pimenta, 96 horas após exposição ao etileno, com aplicação de 0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ.

Cultivares	96 Horas							
	0 mg L ⁻¹		5 mg L ⁻¹		10 mg L ⁻¹		20 mg L ⁻¹	
	AF	AFR	AF	AFR	AF	AFR	AF	AFR
Pirâmide ornamental	49.42b	59.61a	57.10b ^{ns}	24.28b*	70.63a ^{ns}	24.44b*	80.50a*	24.31b*
Pérola Negra	84.03a	35.99b	40.62b*	5.83b ^{ns}	38.04b*	12.99b ^{ns}	42.09b*	35.30b ^{ns}
Dedo de moça	76.82a	42.51a	57.48b ^{ns}	33.0a ^{ns}	47.57b*	19.47b ^{ns}	65.75a ^{ns}	11.19b ^{ns}
Bode vermelha	53.90b	56.40a	58.82b ^{ns}	50.52a ^{ns}	43.19b ^{ns}	62.83a ^{ns}	51.01b ^{ns}	61.14a ^{ns}
Peloteira	11.21c	7.52b	44.95b*	31.58a ^{ns}	38.13b ^{ns}	31.31b ^{ns}	22.67b ^{ns}	15.94b ^{ns}
Jalapeño	79.04a	23.66b	95.71a ^{ns}	47.33a ^{ns}	81.40a ^{ns}	39.69b ^{ns}	77.72a ^{ns}	46.11a ^{ns}
Biquinho vermelha	100a	62.44a	94.31a ^{ns}	49.05a ^{ns}	98.13a ^{ns}	64.89a ^{ns}	96.12a ^{ns}	85.79a ^{ns}
Tabasco	70.86a	72.63a	81.79a ^{ns}	49.90a ^{ns}	73.23a ^{ns}	26.93b*	77.40a ^{ns}	33.09b*
Stromboli	77.93a	19.75b	84.23a ^{ns}	3.92b ^{ns}	80.65a ^{ns}	5.70b ^{ns}	71.86a ^{ns}	5.74b ^{ns}
Malagueta	72.11a	32.58b	92.42a ^{ns}	39.89a ^{ns}	85.59a ^{ns}	37.55b ^{ns}	78.86a ^{ns}	64.74a ^{ns}
Rocoto vermelha	88.47a	14.71b	89.34a ^{ns}	31.66a ^{ns}	95.20a ^{ns}	76.30a*	92.89a ^{ns}	75.0a*

Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo critério de Scott-Knott a 1% de probabilidade.

* seguidos na mesma linha indica significância pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

As cultivares Pérola Negra e Dedo de moça submetidas ao tratamento com PBZ obtiveram efeitos significativos positivos, quando comparadas com as plantas controle, para característica abscisão foliar, apresentando aumento da resistência ao etileno (Tabela 3). Por outro lado, os cultivares Pirâmide ornamental e Peloteira, tratadas com PBZ, apresentaram maior sensibilidade ao etileno nas concentrações 20 e 5 mg L⁻¹ de PBZ, respectivamente (Figura 4). Os demais cultivares tratados com PBZ não apresentaram efeitos significativos quando comparados às plantas controle (Tabela 3). Essa divergência de resultados pode ser explicada pelo fato dos efeitos causados pelo PBZ nas plantas variar entre espécies, variedades, concentração e forma de aplicação (Rademacher, 2000).

Os cultivares Pirâmide ornamental e Tabasco, tratadas com concentrações crescentes de PBZ apresentaram resistência a abscisão dos frutos 96 horas após serem submetidas ao etileno exógeno, quando comparadas às plantas controle (Tabela 3). No entanto, o cultivar Rocoto vermelha apresentou aumento na abscisão dos frutos de 60 % quando tratadas com PBZ (Tabela 3). A eficácia do etileno sobre a abscisão do fruto da pimenta depende do período de exposição, da concentração, temperatura, do estágio de desenvolvimento e sensibilidade das espécies ou variedades (Finger *et al.*, 2015). Segatto

et al., (2013), avaliando quatro genótipos de pimentas ornamentais pertencentes à espécie *C. annuum*, relataram que o etileno afetou em graus diferentes a longevidade das plantas expostas ao hormônio.

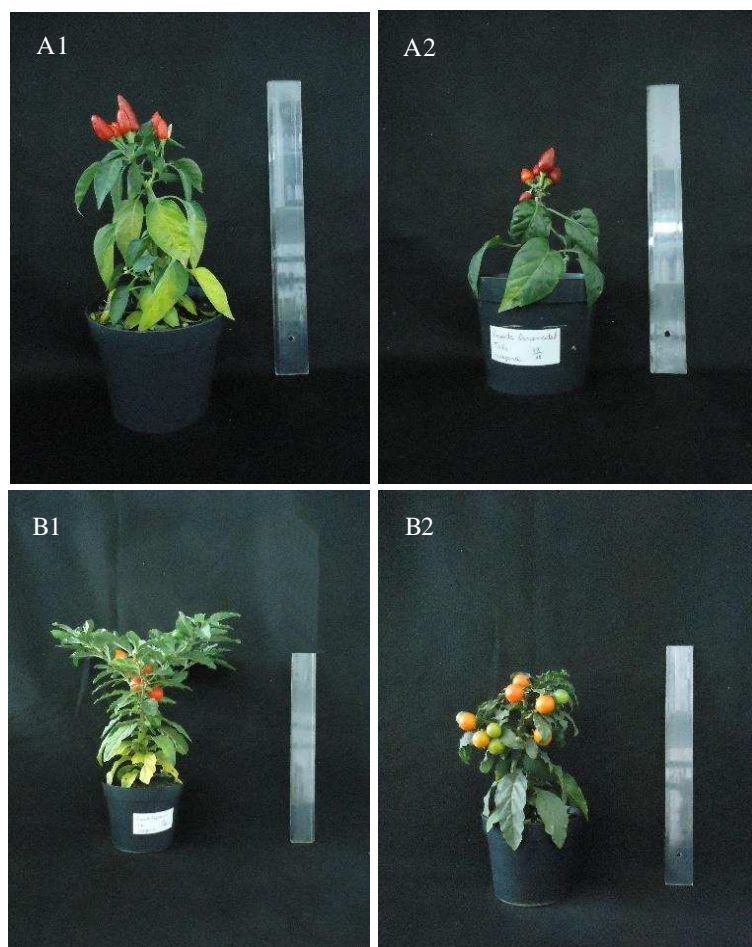


Figura 4 - Efeito da ação do etileno em cultivares de pimenta de vaso, 96 horas após exposição ao etileno. A1 – Pirâmide ornamental (*C. frutescens*) sem aplicação de PBZ; A2 – Pirâmide ornamental submetida a concentração 20 mg L⁻¹ PBZ; B1 - Peloteira (*S. pseudocapsicum*) sem aplicação de PBZ; B2 – Peloteira submetida a concentração 5 mg L⁻¹ PBZ.

No último tratamento, 144 horas após exposição das plantas ao etileno, observou-se aumento na abscisão de folhas e frutos para todos os genótipos nas concentrações 5, 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ. Para característica abscisão de folhas, os genótipos foram agrupados em três classes distintas para as doses 5 e 20 mg L⁻¹ de PBZ e duas classes para dose 10 mg L⁻¹ de PBZ. Os cultivares Pérola negra, Bode vermelha e Peloteira se destacaram como as mais resistentes. No entanto, apenas a Peloteira obteve porcentagem média de abscisão foliar inferior a 50%, nas doses 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ (Tabela 4). Para característica abscisão dos frutos, os genótipos foram divididos em duas classes distintas nas concentrações 5, 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ. Os cultivares Pirâmide ornamental, Pérola

Negra, Dedo de moça e Stromboli ornamental apresentaram mais resistência ao etileno (Tabela 4).

A redução na abscisão de folhas e frutos observada em algumas variedades, tratadas com PBZ, não foi efetiva para impedir a total ação do etileno nas plantas. Min e Bartholomew, (1996), em estudos com abacaxizeiro, relataram que a produção de ACC não foi afetada pelo uso do paclobutrazol, enquanto a síntese de ACC oxidase, que converte ACC para etileno, foi inibida. Neste caso, o PBZ é efetivo em inibir a síntese de etileno, mas não a sua ação, deixando seus sítios de ligação livres para o etileno exógeno.

Tabela 4 – Médias de onze cultivares para abscisão de folhas (AF) e abscisão de frutos (AFR) de pimenta, 144 horas após exposição ao etileno, com aplicação de 0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ.

Cultivares	144 Horas							
	0 mg L ⁻¹		5 mg L ⁻¹		10 mg L ⁻¹		20 mg L ⁻¹	
	AF	AFR	AF	AFR	AF	AFR	AF	AFR
Pirâmide ornamental	66.85b	62.0a	75.52b ^{ns}	26.51b*	90.10a*	24.44b*	89.81a ^{ns}	33.27b ^{ns}
Pérola Negra	93.16a	49.22a	50.13c*	9.71b*	50.19b*	14.52b*	53.70b*	38.70b ^{ns}
Dedo de moça	94.16a	49.19a	72.70b ^{ns}	33.0b ^{ns}	74.52a ^{ns}	23.23b ^{ns}	89.66a ^{ns}	18.04b ^{ns}
Bode vermelha	61.35b	58.44a	69.29b*	58.18a ^{ns}	56.90b*	71.72a ^{ns}	63.59b*	63.40a ^{ns}
Peloteira	19.44c	9.12b	50.65c*	40.47a ^{ns}	47.97b*	32.98b ^{ns}	29.62c ^{ns}	20.90b ^{ns}
Jalapeño	90.67a	30.60b	95.83a ^{ns}	51.33a ^{ns}	88.19a ^{ns}	42.19b ^{ns}	86.77a ^{ns}	46.11b ^{ns}
Biquinho vermelha	100a	62.86a	98.81a ^{ns}	51.63a ^{ns}	99.79a ^{ns}	66.94a ^{ns}	100a ^{ns}	92.46a ^{ns}
Tabasco	74.33b	74.26a	89.42a ^{ns}	54.52a ^{ns}	84.03a ^{ns}	26.93b*	87.58a ^{ns}	40.53b ^{ns}
Stromboli	91.40a	23.55b	91.60a ^{ns}	9.31b ^{ns}	91.90a ^{ns}	10.95b ^{ns}	84.84a ^{ns}	6.30b ^{ns}
Malagueta	84.06a	34.69b	96.58a ^{ns}	44.97a ^{ns}	94.15a ^{ns}	44.36b ^{ns}	92.57a ^{ns}	66.66a ^{ns}
Rocoto vermelha	92.73a	36.38b	96.05a ^{ns}	58.33a ^{ns}	98.86a ^{ns}	76.30a*	96.47a ^{ns}	81.66a*

Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo critério de Scott-Knott a 1% de probabilidade.

* seguidos na mesma linha indica significância pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

De acordo com o teste Dunnett, após 144 horas de exposição ao etileno, os cultivares Bode vermelha e Peloteira apresentaram aumento na porcentagem de abscisão foliar nas concentrações 5 e 20 mg L⁻¹ e 5 e 10 mg L⁻¹ PBZ, respectivamente, comparadas as plantas controle. Por outro lado, o cultivar Pérola Negra apresentou maior resistência à abscisão foliar nas concentrações 5, 10 e 20 mg L⁻¹ de PBZ, a abscisão foliar diminuiu 43, 42 e 39%, respectivamente, quando comparadas com as plantas controle (Tabela 4).

Quanto a abscisão dos frutos, os cultivares Pirâmide ornamental, Pérola negra e Tabasco apresentaram resistência ao etileno quando submetidos a concentrações crescentes de PBZ. A porcentagem de abscisão dos frutos variou entre 9 e 26 % para estes cultivares (Tabela 4). Por outro lado, o PBZ nas concentrações 10 e 20 mg L⁻¹ aumentou a porcentagem de abscisão de frutos para o cultivar Rocoto (Tabela 4). A aplicação de PBZ nos demais cultivares, relativo a abscisão de folhas e frutos, não apresentou diferenças significativas quando comparadas as plantas controle.

O PBZ também não apresentou nenhum efeito sobre a sensibilidade ao etileno de plantas de Cuphea (*Cuphea hyssopifolia Kunth*) e Petunia (*Petunia × hybrida Vilm.*), quando as plantas foram expostas a etileno exógeno durante 20 horas (Ahmad *et al.*, 2015), no entanto, os mesmos autores observaram que o PBZ inibiu a abscisão de frutos em plantas não tratadas com etileno exógeno, o PBZ interagiu e reduziu a produção de etileno endógeno, sem afetar os receptores de etileno.

4 - Conclusão

Existe diversidade genética entre os cultivares sem aplicação de paclobutrazol, quanto à suscetibilidade ao etileno. Os programas de melhoramento destinados à reduzir a suscetibilidade da pimenta ornamental à presença de etileno podem utilizar essa diversidade para desenvolver novas variedades.

O uso de PBZ não impediu completamente os efeitos deletérios do etileno exógeno nas plantas. O cultivar Pérola Negra apresentou sensibilidade moderada para abscisão de folhas e frutos. Da mesma forma, apenas para abscisão foliar, a pimenta Bode vermelha na concentração 10 mg L⁻¹.

O PBZ impediu, de forma moderada, a abscisão de frutos da pimenta Pirâmide ornamental nas doses 5 e 10 mg L⁻¹, e da pimenta Tabasco na concentração 10 mg L⁻¹.

5 - Referências

Antunes AM; Ono EO; Sampaio AC. 2008. Efeito do paclobutrazol no controle da diferenciação floral natural do abacaxizeiro cv. smooth cayenne. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(2): 90-295.

Ahmada I; Dole JM; Whipker BE. 2015. Paclobutrazol or uniconazole effects on ethylene sensitivity of potted ornamental plants and plugs. *Scientia Horticulturae*, 192: 350–356.

- An F; Zhao Q; Ji Y; Li W; Jiang Z; Yu X; Zhang C; Han Y; He W; Liu Y; Zhang S; Ecker JR; Guo H. 2010. Ethylene-induced stabilization of ethylene INSENSITIVE 3 and EIN3-LIKE1 is mediated by proteasomal degradation of EIN3 binding F-box 1 and 2 that requires EIN2 in Arabidopsis. *Plant Cell*, 22: 2384-2401.
- Bleecker AB; Kende H. 2000. Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 16: 1-18.
- Carvalho SIC; Bianchetti IB; Ribeiro CSC; Lopes CA. 2006. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. *Embrapa Hortaliças*, 27p.
- Cordeiro DC; Finger FL; Santos JS; Karsten J; Barbosa JG. 2011. Sensibilidade da rosa 'Osiana' ao etileno. *Bragantia*, 70(3): 677-681.
- Cruz, CD. 2013. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, 35(3): 271-276.
- Finger FL; Rêgo ER; Segatto FB; Nascimento NFF; Rêgo MM. 2012. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. *Informe Agropecuário* 33: 14-20.
- Finger FL; Silva TP; Segatto FB; Barbosa JG. 2015. Inhibition of ethylene response by 1-methylcyclopropene in potted ornamental pepper. *Ciência Rural*, 45(6): 964-969.
- Finger FL; Pereira GM. 2016. *Physiology and Postharvest of pepper fruits*. In: Rêgo ER, Rêgo MM and Finger FL (ed.) *Production and Breeding of Chilli Peppers (Capsicum spp)*. Springer, p. 27-40.
- França CFM; Costa LC; Ribeiro WS; Mendes TDC; Santos MNS; Finger FL. 2017. Evaluation of paclobutrazol application method on quality characteristics of ornamental pepper. *Ornamental Horticulture*, 23(3): 307-310.
- Graebe JE. 1987. Gibberellin biosynthesis and control. *Annual Review of Plant Physiology* 38: 419-465.
- Grossi JAS; Moraes PJ; Tinoco SA; Barbosa JG; Finger FL; Cecon PR. 2005. Effects of Paclobutrazol on Growth and Fruiting Characteristics of 'Pitanga' Ornamental Pepper. *Acta Horticulturae*, 683: 333-336.
- Hoyer L. 1996. Critical ethylene exposure for *Capsicum annuum* "Janne is dependente on na interaction between concentration, duration and developmental stage. *Journal of Horticultural Science* 71: 621-628.
- Junqueira AH; Peetz MS. 2014. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas.
- Leatherwood R; Mattson NS. 2010. Cornell research update ethylene in the greenhouse: symptoms of short and long term exposure. *Indiana Flower Grow*, 4 (1): 4-8.

- Lima PCC; Ribeiro WS; Oliveira MMT; Costa LC; Finger FL. 2017. Ethylene, 1-methylcyclopropene and silver thiosulfate on the post-production of ornamental pepper. *Ciência Rural*, 47(02): e20151611.
- Mayak S; Tirosch T; Glick BR. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology Biochemistry*, 42: 565-572.
- Melo LF; Gomes RLF; Silva VB; Monteiro ER; Lopes ACA; Peron AP. 2014. Potencial ornamental de acessos de pimenta. *Ciência Rural*, 44(11): 2010-2015.
- Min XJ; Bartholomew DP. 1996. Effect of plant growth regulators on ethylene production, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase activity, and initiation of inflorescence development of pineapple. *Journal of Plant Growth Regulation*, 15(3): 121-128.
- Nascimento NFF; Rêgo ER; Rêgo MM; Nascimento MF; Alves LI. 2012. Compatibilidade em cruzamentos intra e interespecíficos em pimenteiras ornamentais. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 18(1): 58-61.
- Nascimento NFF; Rêgo ER; Nascimento MF; Santos RMC; Finger FL; Bruckner CH; Rêgo MM. 2015. Comparison Among Hybrids and Pre-Selected Cultivars for Resistance to Ethylene in Ornamental Peppers. *Acta Horticulturae*, 1060: 327-332.
- Neitzke RS; Fischer SZ; Vasconcelos CS; Barbieri RL; Treptow RO. 2016. Ornamental peppers: acceptance and preferences by consumers. *Horticultura Brasileira*, 34: 102-109.
- Pereira TNS; Rodrigues R. 2005. Recursos genéticos em *Capsicum*: situação atual e perspectivas. In: Lima MC. (org) Recursos genéticos de hortaliças: riquezas naturais. São Luís: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 137-159.
- Pickersgill B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica*, 96: 129-133.
- Rademacher W. 1997. Bioregulation of crop plants with inhibitors of gibberellin biosynthesis. *Plant Growth Regulation Society of America*, 24: 27-31.
- Rademacher W. 2000. Growth retardants: effects on Gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, 51: 501-531.
- Rêgo ER; Rêgo MM; Finger FL. 2015. Methodological Basis and Advances for Ornamental Pepper Breeding Program in Brazil. *Acta Horticulturae*, 1087: 309-314.
- Rêgo ER and Rêgo MM. 2016. Genetics and Breeding of Chilli Pepper *Capsicum* spp. In: Rêgo ER, Rêgo MM and Finger FL. (Eds.). *Production and Breeding of Chilli Peppers (Capsicum spp)*. Springer 27-40.
- Santos RMC; Rêgo ER; Nascimento MF; Nascimento NFF; Borém A; Finger FL; Costa DS; Rêgo MM. 2013. Ethylene Resistance in a F₂ Population of Ornamental Chili Pepper (*Capsicum annuum*). *Acta Horticulturae*, 1000: 433-438.

Schoellhorn R. 2009. Strategies for plant introduction and market trends in the US. *Acta Horticulturae*, 813: 101-106.

Segatto FB; Finger FL; Barbosa JG; Rêgo ER; Pinto CMF. 2013. Effects of ethylene on the post-production of potted ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulturae*, 1000: 217-222.

Serek M; Woltering EJ; Sisler EC; Frello S; Sriskandarajah S. 2006. Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. *Biotechnology Advances*, 24: 368–381.

Siddikee MA; Chauhan OS; Tongmin SA. 2011. Regulation of ethylene biosynthesis under salt stress in Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) by 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase producing halotolerant bacteria. *Plant Growth Regulation*, 10: 1-8.

Tari I; Mihalik E. 1998. Comparison of the effects of white light and growth retardant paclobutrazol on the ethylene production in bean hypocotyls. *Plant Growth Regulation*, 24: 67-72.

Wang SY; Steffens GL. 1985. Effect of paclobutrazol on water stress-induced ethylene biosynthesis and polyamine accumulation in apple seedling leaves. *Phytochemistry*, 24(10):2185-2190.

Woltering E. 1996. Effects of ethylene on ornamental pot plants: A classification. *Scientia Horticulturae*. 31:83-94.

Conclusão geral

✓ Há variabilidade genética entre os cultivares de pimenta em estudo quanto as características morfológicas avaliadas. Permitindo a escolha de genitores divergentes com potencial uso em programas de melhoramento, visando a obtenção de pimenteiros ornamentais.

✓ As diferentes doses de PBZ afetaram de forma diferente cada cultivar. Uma altura decorativa adequada foi obtida nas doses 5, 10 e 20 mg/L⁻¹ de paclobutrazol para a Pérola Negra (*C. annuum*) e Rocoto Vermelha (*C. pubescens*), 5 mg/L⁻¹ para Peloteira (*S. pseudocapsicum*) e 10 e 20 mg/L⁻¹ para Malagueta (*C. frutescens*).

✓ Os cultivares sem aplicação de paclobutrazol apresentaram níveis variados de sensibilidade ao etileno, os cultivares com menor sensibilidade ao etileno foram Peloteira (*S. pseudocapsicum*) e Pimenta Malagueta (*C. frutescens*). O PBZ impediu a abscisão de folhas e frutos do cultivar Pérola Negra de forma moderada.