Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Caracterização dos frutos e das sementes de pimentas, em função da variação
dos teores da capsaicina**

Maria Beatriz Segatti Piedade

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2018

Maria Beatriz Segatti Piedade
Engenheira Agrônoma

Caracterização dos frutos e das sementes de pimentas, em função da variação dos teores da capsaicina

Orientador:
Profa. Dra. **ANA DIONISIA DA LUZ COELHO NOVEMBRE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Piedade, Maria Beatriz Segatti

Caracterização dos frutos e das sementes de pimentas, em função da
variação dos teores da capsaicina / Maria Beatriz Segatti Piedade - -
Piracicaba, 2018.

108 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz
de Queiroz".

1. *Capsum chinense* 2. Maturidade fisiológica 3. Pungência 4.
Sementes I Título

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por estar sempre presente em minha vida.

À toda a minha família por sempre me apoiar, em especial a minha mãe querida Fabiana Segatti por todo apoio durante o mestrado.

À professora Ana Dionisia da Luz Coelho Novembre pela orientação, contribuindo para o meu crescimento profissional e pessoal.

À ESALQ-USP pela oportunidade de cursar o mestrado.

À UNESP que contribui até hoje na minha vida acadêmica e profissional.

Aos funcionários Helena, Adilson, João, Davi, Salete, Marcus por me ajudarem em muitos momentos na execução do projeto.

Ao Fernando Piotto pela oportunidade de trabalho em conjunto.

Aos departamentos de genética, pós-colheita e sementes por todo apoio, colaboração e dedicação.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

Ao Mauro que me ajudou muito nessa etapa final, sempre me amparando e me mostrando que tudo é possível.

À todos os meus companheiros de laboratório, em especial para a Dani, Carina, Ana Claudia, Fábio e Rayssa a quem guardo um carinho especial em meu coração.

À todos aos meus amigos que compartilharam e me apoiaram e sempre acreditaram em mim.

EPIÍGRAFE

Cada um de nós compõe a sua história

Cada ser em si

Carrega o dom de ser capaz

E ser feliz

(Almir Sater)

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS.....	11
1. INTRODUÇÃO	15
2. CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS E DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DAS SEMENTES DE PIMENTAS, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DOS TEORES DA CAPSAICINA	17
Resumo	17
Abstract.....	17
3. Introdução.....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO	21
4.2. AVALIAÇÕES DO FRUTO	24
4.3. DETERMINAÇÃO DO CONTEÚDO DE CAPSACINA NOS FRUTOS.....	25
4.4. AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICOS DA SEMENTE.....	26
4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
5. RESULTADOS E DICUSSÃO.....	29
5.1. PIMENTA BIQUINHO	29
5.2. KHARIKA (IAC-1632)	35
5.3. OLHO DE PEIXE (IAC-1580).....	39
5.4. NAGA MORICH (IAC-1625).....	44
6. CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	53
8. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS DAS SEMENTES DE PIMENTAS, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DOS TEORES DA CAPSAICINA	58
Resumo	58
Abstract.....	59
9. Introdução.....	60
10. Material e métodos	62
10.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO	62
10.1. ANÁLISES REALIZADAS.....	64
10.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	67
11. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
11.1. PIMENTA BIQUINHO	68
11.2. KHARIKA (IAC-1632)	78
11.3. OLHO DE PEIXE (IAC-1580).....	87
11.4. NAGA MORICH (IAC-1625).....	94
12. CONCLUSÃO	103
1REFERÊNCIAS	104

RESUMO

Caracterização dos frutos e das sementes de pimentas, em função da variação dos teores da capsaicina

Pesquisas sobre as sementes das pimentas são, principalmente, relacionadas ao estudo da maturação, com o intuito de determinar o momento ideal de colheita das sementes e visando preservar a qualidade das sementes produzidas. A importância das pimentas está associada aos capsaicinóides que são exclusivos das plantas das espécies do gênero *Capsicum*, produzidos principalmente na placenta, e não há informação que associe esses capsaicinóides à qualidade das sementes. Dessa forma, nessa pesquisa foi avaliada a associação entre o teor de capsaicina e a qualidade das sementes de quatro acessos genéticos de pimentas Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de peixe (IAC-1580) e Naga Morich (IAC-1625), da espécie *Capsicum chinense*, cujo principal centro de diversidade é a Bacia Amazônia. Para tanto, em diferentes estádios da formação das sementes, os frutos foram colhidos nas cores verde, intermediária e vermelha, parte foi avaliada imediatamente e parte foi avaliada após a extração e a lavagem das sementes. As avaliações, de natureza física, fisiológica e bioquímica, foram baseadas nas características do fruto, da semente e nos teores de capsaicina. Em cada um dos estádios de formação das sementes (momentos de colheita), os frutos foram avaliados quanto à cor (ângulo hue), massa da matéria fresca, comprimento, largura e espessura do pericarpo, número de sementes por fruto e o teor de capsaicina; para os parâmetros físicos da semente foram avaliados o teor de água, a circularidade, a área, o espaço livre da cavidade interna da semente, a massa da matéria seca de 100 sementes e o peso de mil sementes; em relação aos parâmetros fisiológicos as sementes foram avaliadas imediatamente após serem extraídas dos frutos e após serem extraídas e lavadas e foram avaliadas quanto à germinação, ao índice de velocidade de germinação, à emergência da plântula, ao índice de velocidade de emergência da plântula, à massa da matéria seca da plântula, os comprimentos da parte aérea e da raiz da plântula e foi determinado também o teor de capsaicina das sementes. As sementes provenientes dos frutos de cor vermelha foram armazenadas e avaliadas aos 4 e aos 6 meses. Para a análise estatística foi utilizado o delineamento experimental inteiramente aleatorizado e a comparação das médias por meio do teste de Tukey (5%). A utilização do colorímetro possibilita caracterizar a variação das cores, evitando a interferência subjetiva relacionada à avaliação visual. Há o aumento da quantidade de capsaicina dos frutos de todos os acessos, principalmente quando a cor do fruto altera da verde para a intermediária; o acesso Biquinho é o menos pungente e o Naga Morich o mais pungente. Existe relação inversa entre a massa da matéria seca da semente e o espaço livre da cavidade interna da semente. A qualidade máxima das sementes da pimenta, em termos do parâmetro fisiológico, é obtida quando colhidas dos frutos de cor vermelha. Há alteração do teor da capsaicina da semente conforme altera o estágio de formação do fruto, independentemente do acesso. Para as sementes do acesso Biquinho, a menor conteúdo de capsaicina corresponde às sementes colhidas na maturidade fisiológica ou próximo à maturidade. Para as sementes do acesso Naga Morich, o conteúdo máximo de capsaicina corresponde ao das sementes colhidas na maturidade fisiológica ou próximo à maturidade. A lavagem não interfere nos atributos fisiológicos das

sementes em avaliações imediatas. As sementes dos acessos Kharika e Olho de peixe não mantêm a qualidade durante o armazenamento por 4 meses. Há a manutenção da qualidade das sementes dos acessos Biquinho e Naga Morich, quando armazenadas por até 6 meses. A lavagem das sementes favorece a conservação das sementes do acesso Naga Morich.

Palavras-chave: *Capsicum chinense*; Maturidade fisiológica; Pungência; Sementes

ABSTRACT

Characterization of the fruits and seeds of pepper, as a function of capsaicin variations

The researches on the seeds of the peppers are mainly related to the study of the maturation, with the purpose of determining the ideal moment of harvest of the seeds and aiming to preserve the quality of the seeds produced. The importance of peppers is associated with capsaicinoids that are unique to the plants of the species of the *Capsicum* genus, produced mainly in the placenta, and there is no information that associates these capsaicinoids with seed quality. Thus, in this research was evaluated the association between capsaicin content and seed quality of four genetic accessions of peppers Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de peixe (IAC-1580) and Naga Morich (IAC-1625), of the species *Capsicum chinense*, whose main center of diversity is the Amazon Basin. Therefore, at different stages of seed formation, the fruits were harvested in the colors green, intermediate and red, part was evaluated immediately and part was evaluated after the extraction and washing of the seeds. The physical, physiological and biochemical evaluations were based on the characteristics of the fruit, the seed and the capsaicin contents. At each stage of seed formation (harvest time), the fruits were evaluated for color (hue angle), fresh matter mass, length, width and thickness of the pericarp, number of seeds per fruit and the content of capsaicin; for the physical parameters of the seed were evaluated the water content, the circularity, the area, the free space of the internal cavity of the seed, the mass of the dry matter of one hundred seeds and the weight of a thousand seeds; in relation to the physiological parameters, the seeds were evaluated immediately after being extracted from the fruits and after being extracted and washed and were evaluated for germination rate, germination speed index, seedling emergence, seedling emergence speed index, mass of the dry matter of the seedling, the lengths of the shoot and the root of the seedling and the capsaicin content of the seeds was also determined. Seeds from red colored fruits were stored and evaluated at the 4 and 6 months. For the statistical analysis was used the completely randomized experimental design and the comparison of the averages by the Tukey test (5%). The use of the colorimeter makes it possible to characterize the color variation, avoiding the subjective interference related to the visual evaluation. There is an increase in the amount of capsaicin in fruits of all kinds, especially when the color of the fruit changes from green to intermediate; the genotype Biquinho is the less pungent, and Naga Morich is the most pungent. There is an inverse relation between the dry matter mass of the seed and the free space of the internal cavity of the seed. The maximum quality of the seeds of the pepper, in terms of the physiological parameter, is obtained when the seeds are harvested of the fruits of red color. There is a change in the capsaicin content of the seed as it changes the fruit formation stage, regardless of access. For the seeds of the Biquinho access, the lower content of capsaicin corresponds to the seeds harvested at the physiological maturity or near maturity. For seeds of the Naga Morich access, the maximum content of capsaicin corresponds to that of the seeds harvested at the physiological maturity or near maturity. The washing does not interfere with the physiological attributes of the seeds in immediate evaluations. The seeds of the Kharika and Olho de peixe accesses do not maintain quality during storage for 4 months. There is the maintenance of the quality of the seeds

of the Biquinho and Naga Morich accesses when stored for up to 6 months. The seeds wash favors the conservation of Naga Morich access seeds.

Keywords: *Capsicum chinense*; Physiological maturity; Pungency; Seeds

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação pluviométrica (em milímetros), média das temperaturas máxima (Tmax), média (Tmédia) e mínima (Tmin) em graus celsius (°C), no período do experimento em campo de outubro de 2016 a junho de 2017.	22
Figura 2. Variações dos ângulos h° em função das variações das cores (adaptado de Pinheiro, 2009).....	25
Figura 3. Radiografia das sementes do cultivar biquinho, obtidas dos frutos de cor vermelha (a) e imagens, obtidas com a utilização dos filtros do software imagej, para o cálculo da porcentagem de área do espaço livre da cavidade interna das sementes (A).	28
Figura 4. Precipitação pluviométrica (em milímetros), média da temperatura máxima (tmax), média (Tmédia) e mínima (Tmin) em graus celsius (°C), no período de condução do experimento em campo de outubro de 2016 a junho de 2017.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização da formação dos frutos de <i>capsicum chinense</i> , baseada na classificação visual da variação das cores dos frutos verde, intermediária e vermelha, dos genótipos Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de peixe (IAC-1580) e Naga Morich (IAC-1625).....	23
Tabela 2. <i>Capsicum chinense</i> , acesso Biquinho – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação, correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa da matéria fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (caps; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm ²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (mmss; mg) , peso de mil sementes (pms; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (março, 2017).	31
Tabela 3. <i>Capsicum chinense</i> , acesso Biquinho – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (caps; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm ²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg) , peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (abril, 2017).	33
Tabela 4. <i>Capsicum chinense</i> , acesso Biquinho – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (caps; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm ²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg) , peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017).	35
Tabela 5. <i>Capsicum chinense</i> , acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (caps; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm ²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg) , peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (março, 2017).	36
Tabela 6. <i>Capsicum chinense</i> , acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (caps; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm ²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg) , peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (abril, 2017).	37
Tabela 7. <i>Capsicum chinense</i> , acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm ²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg) , peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017).	39
Tabela 8. <i>Capsicum chinense</i> , acesso Olho de peixe (IAC-1580) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de maturação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm ²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg) , peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017).	41

Tabela 9. *Capsicum chinense*, acesso Olho de peixe (IAC-1580) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (abril, 2017)......42

Tabela 10. *Capsicum chinense*, acesso Olho de peixe (IAC-1580) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017)......44

Tabela 11. *Capsicum chinense*, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (março, 2017)......45

Tabela 12. *Capsicum chinense*, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (abril, 2017)......47

Tabela 13. *Capsicum chinense*, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017)......49

Tabela 14. Avaliações do parâmetro fisiológico das sementes de pimenta dos acessos Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de peixe (IAC-1580) e Naga Morich (IAC-1625)......64

Tabela 15. Sementes de pimenta, acesso Biquinho – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (ivEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (março, 2017)......70

Tabela 16. Sementes de pimenta, acesso Biquinho – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (abril, 2017)......73

Tabela 17. Sementes de pimenta, acesso Biquinho – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha sem e com a realização da lavagem das sementes (SL) e (CL), (maio, 2017)......76

Tabela 18. Sementes de pimenta, acesso Biquinho - Resultados dos testes de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da plântula da parte aérea e raiz (cm) de sementes provenientes do estágio de formação do fruto de coloração vermelha, armazenadas por 4 meses (setembro, 2017) e 6 meses (novembro, 2017). 78

Tabela 19. Sementes de pimenta, acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (março, 2017). 80

Tabela 20. Sementes de pimenta, acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (abril, 2017). 83

Tabela 21. Sementes de pimenta, acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (maio, 2017). 86

Tabela 22. Sementes de pimenta, acesso Kharika (IAC-1632) - Resultados dos testes de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da plântula da parte aérea e raiz (cm) de sementes provenientes do estágio de formação do fruto de coloração vermelha, armazenadas por 4 meses (setembro, 2017). 87

Tabela 23. Sementes de pimenta, acesso Olho de peixe (IAC-1580) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (março, 2017). 89

Tabela 24. Sementes de pimenta, acesso Olho de peixe (IAC-1580) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (abril, 2017). 91

Tabela 25. Sementes de pimenta, acesso Olho de peixe (IAC-1580) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (maio, 2017). 93

Tabela 26. Sementes de pimenta, acesso Olho de peixe (IAC-1580) - Resultados dos testes de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), da massa da matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da plântula da parte aérea e raiz (cm) de sementes provenientes do estágio de formação do fruto de coloração vermelha, armazenadas por 4 meses (setembro, 2017) 94

Tabela 27. Sementes de pimenta, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de

sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (março, 2017).96

Tabela 28. Sementes de pimenta, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (abril, 2017).....98

Tabela 29. Sementes de pimenta, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (maio, 2017).....101

Tabela 30. Sementes de pimenta, acesso Naga Morich (IAC-1625) - Resultados dos testes de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência da plântulas (%), do índice de velocidade de emergência da plântulas (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da plântula da parte aérea e raiz (cm) de sementes provenientes do estágio de formação do fruto de coloração vermelha, armazenadas por 4 meses (setembro, 2017) e 6 meses (novembro, 2017)102

1. INTRODUÇÃO

As pimentas, da família Solanaceae e do gênero *Capsicum*, têm como centro de origem a América e a Bacia Amazônica é um dos principais centros de diversidade da *Capsicum chinense*. As pimentas são caracterizadas por variações da forma e da cor e têm sabor característico (pungência) devido aos alcalóides, denominados capsaicinóides, que são restritos deste gênero, e o principal composto que atribui essa característica às pimentas é a capsaicina.

A semente é a forma usual de multiplicação das pimentas e a qualidade das sementes é essencial. A qualidade das sementes é definida por parâmetros de natureza genética, física, fisiológica e sanitária, que são determinantes para a germinação, o vigor, o estabelecimento rápido e uniforme da plântula em campo e a conservação das sementes, porém para a produção das sementes de pimenta é a restrição da oferta de sementes de qualidade, consequência da limitação da germinação e da velocidade de germinação e, em alguns casos, da dormência.

Por ser uma planta que tem crescimento indeterminado, o florescimento e a frutificação são contínuos, desta forma em uma mesma planta, tem frutos em diferentes estádios de formação. A determinação da maturidade fisiológica das sementes favorece a manutenção da qualidade das sementes produzidas, pois, é o momento, durante a formação da semente, em que a germinação é máxima e a deterioração é mínima.

Durante o processo de formação, os frutos e as sementes têm alterações de várias naturezas como, por exemplo, física, fisiológica e bioquímica em relação ao tamanho, à forma, à cor, à massa da matéria, à composição química entre outras. Essas modificações são utilizadas para determinar a maturidade fisiológica das sementes e, conseqüentemente, o ponto ideal da colheita.

Atualmente os principais parâmetros utilizados para a determinar a maturidade fisiológica das sementes de pimenta em campo são a cor dos frutos, o número de dias após a antese e o teor de água das sementes. Outros tipos de avaliações como a massa da matéria seca, o peso de mil sementes, o espaço livre da cavidade interna da semente, a germinação e o vigor podem ser avaliados em laboratório para averiguação a maturidade. É importante ressaltar que parâmetros morfológicos e rápidos de executar, como é o caso da averiguação por meio da coloração dos frutos, contribui para diminuir custos, prevenir prejuízos e para melhor aproveitamento da mão de obra envolvida no trabalho de controle de qualidade da semente produzida.

A quantidade dos *capsaicinóides* dos frutos e das sementes de pimenta também tem alterações com o processo de formação, porém não há estudos que relacionem os *capsaicinóides* com o parâmetro fisiológico das sementes de pimenta e com outros parâmetros utilizados para a averiguação da maturidade fisiológica. Desta forma, nessa pesquisa, o objetivo foi estudar as alterações de natureza física e fisiológica dos frutos e das sementes de pimenta, colhidos em três estádios de formação do fruto, definidos com base na coloração dos frutos, associadas ao conteúdo de capsaicina.

2. CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS E DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DAS SEMENTES DE PIMENTAS, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DOS TEORES DA CAPSAICINA

Resumo

As pimentas, da família Solanaceae e do gênero *Capsicum*, são originárias do Continente Americano, inclusive do Brasil. Os frutos têm diversidade de forma, tamanho e cor e variam também quanto aos atributos sensoriais como cor, pungência e aroma, que são as principais características que têm valor comercial. Um dos principais problemas da produção das sementes de pimenta é a qualidade e a caracterização da maturidade fisiológica da semente possibilita preservar a qualidade das sementes produzidas. Dessa forma, nesta pesquisa quatro acessos de *Capsicum chinense*, das pimentas Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de peixe (IAC-1580) e Naga Morich (IAC-1625), frutos colhidos em três estádios de maturação, foram caracterizados quanto à morfologia e ao conteúdo da capsaicina dos frutos e aos atributos físicos das sementes. Os frutos foram colhidos nas cores verde, intermediária e vermelha e as avaliações, de natureza física e bioquímica, foram baseadas nas características do fruto, da semente e nos teores de capsaicina. Em cada um dos estádios de formação das sementes (momentos de colheita), os frutos foram avaliados quanto à cor (ângulo hue), à massa da matéria fresca, ao comprimento, à largura, à espessura do pericarpo, ao número de sementes por fruto e ao conteúdo de capsaicina; os parâmetros físicos de semente avaliados foram o teor de água, a circularidade, a área, o espaço livre da cavidade interna da semente, a massa da matéria seca de 100 sementes e o peso de mil sementes. Para a análise estatística foi utilizado o delineamento experimental inteiramente aleatorizado e a comparação de médias por meio do teste de Tukey (5%). A utilização do colorímetro caracteriza a variação entre as cores sem a interferência subjetiva da avaliação visual. Há o aumento da quantidade de capsaicina dos frutos de todos os acessos, principalmente quando há a alteração da cor do fruto de verde para a intermediária; o acesso Biquinho é que o menos pungente e o Naga Morich o mais pungente. Há relação inversa entre a massa da matéria seca da semente e o espaço livre da cavidade interna da semente.

Palavras-chave: Capsaicinóides; *Capsicum chinense*; Atributos físicos; Colorimetria

Abstract

The peppers, from the Solanaceae family and the *Capsicum* genus, are originated from the American continent, including Brazil. The fruits have a diversity of shape, size and color and also vary in sensorial attributes such as color, pungency and aroma, which are the main characteristics that have commercial value. One of the main problems of pepper seed production is the

quality and characterization of the physiological maturity of the seed makes it possible to preserve the seed quality produced. Thus, in this study four accesses of *Capsicum chinense*, Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de Peixe (IAC-1580) and Naga Morich (IAC-1625) peppers, harvested at three maturation stages, were characterized in relation to morphology and the capsaicin content of the fruits and the physical attributes of the seeds. The fruits were harvested in green, intermediate and red colors and physical and biochemical evaluations were based on the characteristics of the fruit, the seed and the capsaicin content. At each stage of seed formation (harvest times), the fruits were evaluated for color (hue angle), fresh matter mass, length, width, pericarp thickness, number of seeds per fruit and capsaicin content; the physical parameters of seed evaluated were the water content, the circularity, the area, the free space of the internal cavity of the seed, the dry mass of 100 seeds and the weight of one thousand seeds. For the statistical analysis was used the completely randomized experimental design and the comparison of means by the Tukey test (5%). The use of the colorimeter characterizes the variation between colors without the subjective interference of visual evaluation. There is an increase in the amount of capsaicin in the fruits of all accessions, especially when there is a change in the color of the fruit from green to the intermediate; the genotype Biquinho is considered the least pungent and Naga Morich, the most pungent. There is an inverse relation between the dry matter mass of the seed and the free space of the internal cavity of the seed.

Keywords: Capsaicinoids; *Capsicum chinense*; Physical attributes; Colorimetry

3. Introdução

As pimentas do gênero *Capsicum*, da família Solanaceae, são originárias de diversas partes das Américas, tanto do Sul quanto da Central e das Antilhas (SANTOS et al., 2012). Composta por 31 espécies, das quais cinco são descritas como domesticadas, *C. annuum* L. (pimentão, pimenta doce), *C. chinense* Jacq. (pimenta-de-cheiro, pimenta-de-bode, murici), *C. frutescens* L. (pimenta malagueta) e *C. baccatum* L. (dedo-de-moça, chapéu-de-frade), consumidas e produzidas no Brasil, e a *C. pubescens* L., não cultivada neste país (LANNES et al., 2007).

O Brasil é um dos centros de diversidade do gênero *Capsicum*, são descritas mais de 20 espécies em vários níveis de domesticação. A Bacia Amazônica é o principal centro de diversidade de *Capsicum chinense* (CARVALHO et al., 2003; FONSECA et al., 2008), uma das pimentas mais cultivadas no Brasil, que são produzida em pequenas propriedades, comercializada *in natura* e em conservas, em mercados e feiras livres (COSTA; HENZ, 2007).

Os frutos das pimentas são classificados como baga, têm múltiplas formas, tamanhos, cores e pungência. Antes do amadurecimento a cor do fruto é verde e o fruto maduro tem cores vermelha, amarela, alaranjada ou roxa intensa. Há também variação da forma dos frutos, entre as espécies e numa mesma espécie, que são alongados, arredondados, triangulares ou cônicos, campanulados, quadrados ou retangulares. (COSTA; HENZ, 2007).

As pimentas têm sabor pungente característico, devido às substâncias denominadas capsaicinóides e que são exclusivas das espécies do gênero *Capsicum*. Estas substâncias são classificadas como alcalóides e 90% são produzidas pelas células da placenta dos frutos e liberadas quando ocorre dano físico na região placentária (ISHIKAWA et al., 1998). A capsaicina e a dihidrocapsaicina predominam e causam 90% da pungência das pimentas (NWOKEM et al., 2010) e são os dois capsaicinóides regularmente quantificados para a caracterização das pimentas. Assim, a pungência é uma das características utilizadas para determinar a qualidade comercial dos frutos de pimenta (REIFSCHNEIDER, 2000; DJIAN-CAPORALINO et al., 2007).

A concentração dessas substâncias nos frutos das pimentas é variável e pode estar relacionada aos fatores genéticos, existe variabilidade da pungência entre os acessos da mesma espécie e de espécies distintas (BOSLAND; VOTAVA, 1999), pode também ter relação com a idade dos frutos, os fatores ambientais e a forma de cultivo da planta; segundo Estrada et al (1999); Tewksbury et al (2006) o estágio de desenvolvimento do fruto interfere

também no teor de capsaicinóides, uma vez que há acúmulo até o início do amadurecimento e o decréscimo a partir desse estágio. Esses autores também evidenciaram a influência da temperatura e da luz no acúmulo de capsaicinóides, da deficiência da água (ESTRADA et al., 1999), da disponibilidade de nutrientes (ESTRADA et al., 1998) e das práticas de pós colheita, como os métodos de secagem (YALDIZ et al., 2010).

Nascimento (2006) afirmou que existe relação entre a pungência e a quantidade das sementes de pimenta que é produzida; os frutos pungentes produzem mais sementes (25 a 100 g de sementes por quilograma) que os doces (5 g a 50 g de sementes por quilograma de fruto).

A expansão do cultivo das pimentas no Brasil é constante, em função das demandas para os mercados interno e externo (VALVERDE, 2011). No mercado interno o fruto é consumido fresco e, ou, processado. Para a exportação o produto é processado em pó, em pasta ou em conserva (HENZ, 2004).

Por outro lado, é, ainda, um mercado incipiente pois, segundo a Associação Brasileira de Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2009), predominam os cultivares de polinização aberta, representando 90% para as pimentas doces e 99,6% para as pimentas pungentes. Associado a isso há também limitação da produção de sementes, que está relacionada à quantidade produzida por área, aos métodos de extração e à qualidade das sementes (FREITAS et al., 2008).

Nascimento (2004) afirmou que é economicamente viável o desenvolvimento de genótipos que propiciem o aumento do rendimento e a resistência às principais doenças e há possibilidade de expansão das formas de utilização das pimentas, mas para isto é essencial ampliar o conhecimento relacionado à qualidade das sementes produzidas.

A caracterização dos frutos e das sementes é utilizada para a identificação das espécies e é indicativo da maturidade fisiológica das sementes, conforme afirmaram Valdes e Gray (1998) em relação à cor do fruto e quanto ao teor de água e à massa da matéria seca das sementes Kwon e Bradford (1987); Demir e Ellis (1992). Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), sementes maiores, apresentam embrião bem formado e mais substâncias de reservas são acumuladas no decorrer do processo de formação, evidenciando, o vigor das sementes. Devido a isso é importante estudar a caracterização dos frutos durante os diferentes estádios de maturação.

O objetivo desta pesquisa foi caracterizar quatro acessos de *Capsicum chinense*, em três diferentes estádios de maturação, em relação à morfologia dos frutos, ao conteúdo da capsaicina dos frutos e aos parâmetros físico e fisiológico das sementes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e caracterização da área do experimento

Nessa pesquisa foram avaliadas as plantas e as sementes da pimenta *Capsicum chinense*, que têm variação na pungência como as dos acessos Biquinho, sem pungência, Kharika (IAC-1632) e Olho de peixe (IAC-1580) com nível intermediário e Naga Morich (IAC-1625) com nível superior de pungência, obtidos do banco ativo de germoplasma de *Capsicum* do Departamento de Genética, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP, ESALQ, LGN), Piracicaba, SP.

A produção das mudas e das plantas em campo foi na área experimental do Dep. de Genética e a capsaicina foi determinada no Laboratório de Genética de Bioquímica de Plantas, do mesmo departamento. Os frutos e as sementes foram avaliados nos laboratórios de Análise de Sementes e de Pós Colheita de Plantas Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP, ESALQ, LPV), em Piracicaba, SP.

Para a obtenção das mudas, a semeadura foi realizada no dia 20 de outubro de 2016, em substrato comercial à base de fibra de coco colocado em bandeja de poliestireno expandido, com 128 células. As bandejas foram mantidas em ambiente protegido (14m x 5m) com pé direito de 5 metros, com cobertura de filme de polietileno transparente (150 micras de espessura e protetor contra raios ultravioletas) e com malha termorrefletora e as laterais protegidas com tela de polipropileno branco (30 % de sombreamento).

Para a irrigação foi utilizado o sistema de aspersão, com frequência de três vezes ao dia e com duração de cinco minutos cada. As mudas foram transplantadas no dia 13 de dezembro de 2016, aos 53 dias após a semeadura.

As plantas utilizadas para a obtenção dos frutos foram cultivadas utilizando espaçamento de 50 cm entre plantas e 1,60 m entre linhas, cada linha tinha 12 plantas de cada acesso de pimenta. Os tratos culturais foram realizados como indicado por Rajj et al. (1996).

Foram realizadas três colheitas para cada acesso de *C.chinense* com o intervalo de um mês entre cada uma, dias 13 de março, 10 de abril e 08 de maio de 2017 para o acesso Biquinho, dias 15 de março, 12 de abril e 10 de maio de 2017 para o acesso Kharika (IAC – 1632), dias 20 de março, 17 de abril e 15 de maio de 2017 para o acesso Olho de Peixe (IAC – 1580) e dias 22 de março, 19 de abril e 17 de maio de 2017 para o acesso Naga Morich (IAC – 1625).

O período do experimento em campo foi de outubro de 2016 a junho de 2017 e os dados climáticos deste período estão na Figura 1.

Figura 1. Precipitação pluviométrica (em milímetros), média das temperaturas máxima (Tmax), média (Tmédia) e mínima (Tmin) em graus Celsius (°C), no período do experimento em campo de outubro de 2016 a junho de 2017.

Em cada colheita, para os quatro acessos de *C.chinense*, os frutos coletados foram classificados visualmente em função das variações do tamanho e da cor. As dimensões foram definidas considerando o tamanho do fruto da cor verde, quando formado, e para classificar quanto ao estágio de maturação foram consideradas as cores verde, intermediária e vermelha; a cor intermediária dos acessos Biquinho e Olho de Peixe foi a laranja e para os acessos Kharica e Naga Morich foi a transição da cor verde para a vermelha, conforme indicado na Tabela 1.

Para cada um dos estágios de maturação dos frutos, foram colhidos 80 frutos de forma aleatória em 12 plantas de cada acesso, separados em quatro repetições para as análises em laboratório. Após a colheita os frutos foram avaliados e, em seguida, cortados ao meio para retirar as sementes para as avaliações e o restante do fruto foi utilizado para a quantificação do conteúdo de capsaicina.

Tabela 1. Caracterização da formação dos frutos de *Capsicum chinense*, baseada na classificação visual da variação das cores dos frutos verde, intermediária e vermelha, dos genótipos Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de peixe (IAC-1580) e Naga Morich (IAC-1625)

Genótipo	Estádios de Formação do fruto de <i>C. chinense</i>		
	Verde	Intermediária	Vermelha
Biquinho
Kharika (IAC-1632)
Olho de peixe (IAC-1580)
Naga Morich (IAC-1625)

4.2. Avaliações do fruto

Para as análises dos frutos dos quatro acessos da pimenta *C. chinense*, colhidos em cada um dos três estádios de desenvolvimento especificado anteriormente, foram avaliadas quatro repetições e cinco frutos para cada repetição, com exceção do número de sementes por fruto, para o qual foram avaliadas quatro repetições de dois frutos, conforme indicado a seguir.

4.2.1. Massa da matéria fresca do fruto

Os frutos foram pesados em balança analítica de quatro casas decimais. O valor médio foi expresso em gramas por fruto.

4.2.2. Comprimento e largura do fruto

Para a determinação das medidas do fruto foi utilizado um paquímetro digital 150 mm, 6", marca Zaas precision. Para caracterizar o comprimento do fruto a medida foi determinada no sentido longitudinal ao comprimento do fruto e para caracterizar a largura a medida foi determinada no sentido transversal à largura do fruto; valores expressos em milímetros.

4.2.3. Espessura do pericarpo do fruto

Para essa avaliação, os frutos foram cortados, com uma lâmina no sentido transversal, considerando a largura do fruto, e a espessura do pericarpo do fruto foi determinada por meio de um paquímetro digital 150 mm, 6", marca Zaas precision. O resultado foi expresso em milímetros.

4.2.4. Cor do fruto

Para a determinação da cor do fruto foi utilizado o colorímetro Minolta®, modelo CR300, esse aparelho utiliza um sistema tri-axial de cores, para determinar o valor L^* e as coordenadas a^* e b^* , que significam, respectivamente, luminosidade, verde e vermelha e azul e amarelas. A interpretação dos resultados foi baseada na variação do ângulo hue [$h^\circ = \tan^{-1}(b/a)$], cujos valores correspondem a 0° para a cor vermelha, 90° para a cor amarela, 180° para a verde e 270° para a azul (Figura 2).

Figura 2. Variações dos ângulos h° em função das variações das cores (Adaptado de PINHEIRO, 2009).

Para a avaliação da cor do fruto por meio do colorímetro foram feitas duas leituras em lados opostos da superfície externa do fruto e na parte mediana, considerando como referência a base da inserção do pedúnculo do fruto na planta. Considerados frutos colhidos com a cor verde com valores aproximados de 100° a 110° , para a cor intermediária de 60° a 50° e vermelha de 40° a 30° . O resultado foi expresso em valor do ângulo h° .

4.2.5. Número de sementes por fruto

Para determinar a quantidade das sementes de cada fruto, os frutos foram abertos com uma lâmina, no sentido longitudinal do comprimento, para contar a quantidade das sementes; o resultado foi expresso em número de sementes por fruto.

4.3. Determinação do conteúdo de capsacina nos frutos

Os frutos foram secos por 24 horas a 65°C em estufa, com circulação forçada de ar, conforme indicado por González-Zamora et al. (2015) e depois moídos em um moedor de café, Grano Cadence, modelo MDR302 - 110V, por um minuto até virarem pó.

Para determinar o teor da capsacina foi obtida a curva de calibração, utilizando como padrão a capsacina com mais de 95% de pureza, marca Sigma-Aldrich. Para isto a

capsaicina pura foi pesada e dissolvida em acetonitrila até 2,0 mL, para obter a solução de reserva de 2mg / mL. A solução de capsacina foi diluída, para obter 6 pontos da substância padrão, no intervalo entre 10 a 100 µg/mL. Estas diluições foram no espectrofotômetro a 280 nm. O conteúdo da capsaicina nas soluções dos extratos obtidos foi calculado com base nos valores da absorbância das soluções padrão previamente determinadas, a curva apresentou $R^2 = 0,997$.

A capsaicina foi extraída dos frutos secos por meio dos métodos propostos por Al Othman et al (2011) e Parrish (1996), com as seguintes modificações: 0,5 gramas do fruto seco foram colocados em tubos, Falcon de 15 mL, foram adicionados 5 mL de acetonitrila, aquecidos a 65 °C por 20 minutos a 35 kHz de frequência. Em seguida, foram centrifugados em 6.000 rpm por 20 minutos.

Os valores da capsaicina de cada amostra foram determinados em um espectrofotômetro UV-Vis, utilizando célula de quartzo de um centímetro. Os extratos de cada amostra foram diluídos em acetonitrila até ajustar a absorbância com o intervalo linear da curva de calibração do espectrofotômetro. A quantidade de capsaicina foi expressa em mg de capsacina por grama do fruto seco.

4.4. Avaliação dos aspectos físicos da semente

Após cada colheita e a caracterização dos frutos, as sementes foram retiradas com uma lâmina no sentido transversal, considerando a largura do fruto. Foram analisadas quatro repetições de 25 sementes para os três estádios de maturação dos quatro acessos de pimentas, com exceção da massa da matéria seca da semente, para a qual foram analisadas duas repetições de 100 sementes e para a determinação do peso de mil sementes (oito repetições de 100 sementes, BRASIL, 2009).

4.4.1. Massa da matéria seca da semente

As sementes recém extraídas dos frutos, foram pesadas e colocadas em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas (BRASIL, 2009). Os resultados são expressos em miligramas de massa matéria seca por 100 sementes.

4.4.2. Peso de mil sementes

Foi determinado por meio da pesagem de oito repetições de 100 sementes e a média dessas repetições foi multiplicada por dez, os valores dos resultados foram corrigidos para 10% de água das sementes, os resultados são expressos em gramas (BRASIL, 2009).

4.4.3. Área e circularidade da semente.

As sementes foram fixadas com fita adesiva dupla face sobre uma lâmina de acetato, ambos transparentes. As sementes foram fotografadas ao lado de uma régua milimetrada, utilizando câmera fotográfica digital Nikon, modelo D1, acoplada ao computador. As imagens foram analisadas utilizando o software ImageJ, que calcula os valores da área das sementes em mm² e da circularidade, cujos valores variam de 0 a 1, e o valor 1 representa a forma circular.

4.4.4. Espaço livre da cavidade interna da semente.

As sementes foram fixadas com fita adesiva dupla face sobre uma lâmina de acetato, ambos transparentes. Para a obtenção das imagens dos raios X, foi utilizado o aparelho “Faxitron X-Ray”, modelo MX-20 DC-12 conectado a um computador, com ajuste automático do tempo de exposição e da intensidade dos raios X. As sementes foram colocadas a 11,6 cm da fonte de emissão dos raios X.

As imagens foram analisadas por meio do software ImageJ (Figura3), que calcula a área total da semente e dos tecidos internos, do embrião e do endosperma, e gera valores numéricos correspondentes à relação percentual entre área dos tecidos da semente e o espaço livre interno. O resultado corresponde à porcentagem da área de espaço livre da cavidade interna da semente.

Figura 3. Radiografia das sementes do cultivar Biquinho, obtidas dos frutos de cor vermelha (A) e imagens, obtidas com a utilização dos filtros do software ImageJ, para o cálculo da porcentagem de área do espaço livre da cavidade interna das sementes (B).

4.5. Análise estatística

Os resultados das avaliações dos frutos e das sementes de cada acesso foram analisados por meio do delineamento experimental inteiramente aleatorizado e as médias comparadas por meio do teste Tukey, a 5 % de significância. O programa utilizado foi o Assistat Software-Statistical Assistance, versão 7.5 beta (2008).

5. RESULTADOS E DICUSSÃO

5.1. PIMENTA BIQUINHO

5.1.1. Primeira colheita

Em relação à massa da matéria fresca dos frutos, houve o aumento gradativo em função do estágio de formação do fruto (Tabela 2); assim os pesos dos frutos de cor vermelha foram estatisticamente superiores aos de cor laranja, que, por sua vez superaram os pesos dos frutos da cor verde.

Quanto ao valor do ângulo h° , obtido por meio do colorímetro, foi verificada também variação estatística significativa entre todos os estádios de maturação, porém é observado o inverso, pois houve decréscimo dos valores dos frutos colhidos verdes em relação aos de cor vermelha, mostrando que conforme o fruto amadurece há a alteração da cor de esverdeada para avermelhada, resultados confirmados pela análise estatística (Tabela 2). Nascimento et al (2006) afirmaram que a cor dos frutos pode ser um indicativo do ponto de maturidade fisiológica das sementes, o que foi confirmado também para a determinação da maturidade fisiológica das sementes do acesso Biquinho, principalmente quando associada aos resultados das avaliações física e fisiológica da semente.

Os resultados relacionados ao comprimento do fruto, à espessura do pericarpo do fruto e à área da semente (Tabela 2) não tiveram variação estatística significativa em decorrência dos estádios de formação. Já, para a largura dos frutos (Tabela 2) os resultados das sementes obtidas dos frutos colhidos com as cores laranja e vermelha, que foram estatisticamente similares, porém foram superiores aos dos frutos com a cor verde, pois há o aumento da largura do fruto quando há alteração da cor verde para a laranja, resultado similar ao determinado para a massa da matéria fresca dos frutos.

Quanto ao conteúdo de capsaicina, o resultado dos frutos avaliados com a cor verde foi estatisticamente inferior aos dos frutos com as demais colorações, mostrando o aumento no conteúdo de capsaicina na medida em que o fruto amadurece, pois, os frutos com as cores laranja e vermelha tinham mais capsaicina. Segundo Bosland; Votava (1999) o conteúdo de capsaicinóides das pimentas, altera conforme o estágio de desenvolvimento do fruto, ocorrendo o acúmulo até o início do seu amadurecimento e decréscimo a partir desse estágio, para o acesso Biquinho foi similar, mas não houve o decréscimo.

O número de sementes por fruto (Tabela 2) foi estatisticamente superior para os frutos colhidos com a cor verde em relação aos com a cor vermelha. Para a circularidade, a massa matéria seca de 100 sementes e o peso de mil sementes (Tabela 2), os resultados dos frutos colhidos com a cor verde foram estatisticamente inferiores quando comparados aos dos frutos colhidos com as cores laranja e vermelha que, por sua vez, não apresentaram diferença significativa.

Para os valores do espaço livre da cavidade interna da semente ocorreu o inverso, para os resultados dos frutos colhidos com a cor verde foram estatisticamente superiores aos das demais cores, porque quando os frutos são verdes as sementes não completaram ainda a formação e, dessa forma, há mais espaço livre no seu interior, se comparado aos demais estádios de desenvolvimento, principalmente para as sementes obtidas dos frutos que têm a cor vermelha.

O peso de mil sementes caracteriza a formação das sementes (BRASIL, 2009) e está relacionado com a massa da matéria seca das sementes, que é um indicador físico da maturidade fisiológica das mesmas, além disso está associado também aos dados do espaço livre da cavidade interna da semente, pois na medida em que aumentou o peso das sementes, ocorreu aumento da massa da matéria seca da semente e diminuição do espaço livre da cavidade interna da semente. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), na maturidade fisiológica as sementes têm a máxima germinação e vigor, que são indicativos do acúmulo máximo da massa da matéria seca.

Tabela 2. *Capsicum chinense*, acesso Biquinho – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação, correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa da matéria fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (março, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	2,14 c	25,82 ns	2,01 ^{ns}	17,42 b	106,98 a	9,66 b
Laranja	2,94 b	27,91	2,11	18,41 a	49,31 b	15,51 a
Vermelha	3,74 a	26,61	2,21	18,55 a	31,66 c	15,8 a
CV (%)	8,77	4,68	4,72	2,46	3,92	6,46
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm ²)	C (número)	EL (%)
Verde	51,37 b	153,42 b	1,72 b	7,12 ^{ns}	0,60 b	28,82 a
Laranja	48,50 ab	277,20 a	3,00 a	7,05	0,71 a	10,37 b
Vermelha	42,00 a	277,20 a	2,92 a	6,96	0,68 a	8,36 b
CV (%)	7,06	5,77	5,43	2,65	2,64	10,25

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

5.1.2. Segunda Colheita

Em relação à massa da matéria fresca do fruto e massa matéria seca de 100 sementes (MMSS), Tabela 3, os resultados obtidos dos frutos com as cores laranja e vermelha foram estatisticamente superiores aos dos frutos de cor verde para ambas avaliações, semelhante ao resultado de MMSS da primeira colheita (Tabela 2). Com relação ao comprimento dos frutos, os resultados obtidos dos frutos colhidos com a cor verde foram estatisticamente inferiores aos com a cor vermelha (Tabela 3), dessa forma o comprimento do fruto foi maior no último estágio de formação dos frutos avaliado.

Para a largura dos frutos e a circularidade da semente (Tabela 3) ocorreu variação entre as sementes obtidas dos frutos de cores verde e laranja, sendo esta última estatisticamente superior. Em função dos resultados das análises citadas anteriormente foram observadas alterações morfológicas nos frutos e nas sementes, em função da mudança da cor dos frutos da verde para a laranja, caracterizando as alterações tanto do fruto quanto da semente, na medida em que o fruto amadurece.

O ângulo h° e o peso de mil sementes (Tabela 3) apresentaram diferença estatística significativa em função da variação da cor dos frutos, para o ângulo h° as médias dos frutos

de cor verde foram estatisticamente superiores as dos frutos com as cores laranja e vermelha e para o peso de mil sementes foi o inverso; os resultados do valor do ângulo h° foram similares aos da primeira colheita (Tabela 2).

No que diz respeito à porcentagem do espaço livre na cavidade interna da semente, as obtidas dos frutos de cor verde o valor foi estatisticamente superior em comparação as obtidas dos frutos com as demais colorações, que não tiveram diferença entre si (Tabela 3), houve o inverso para os resultados da massa da matéria seca de 100 sementes, foi novamente observada relação inversa entre essas duas análises, similar ao observado na primeira colheita (Tabela 2), confirmando, dessa forma, que as sementes dos frutos colhidos com a cor verde são imaturas. Castro; Godoy; Cardoso (2008) afirmaram que a maturação das sementes está associada às alterações visíveis do aspecto externo dos frutos e das sementes, que podem ser utilizadas como índice para identificação da maturidade fisiológica e, conseqüentemente, do momento da colheita. Nesse aspecto, as características de tamanho, cor, peso ou teor de água, podem ser utilizadas para que as sementes sejam colhidas quando apresentam máxima germinação e vigor (BEWLEY; BLACK, 1994).

Não ocorreram diferenças significativas para os resultados do conteúdo de capsaicina, número de semente por fruto, espessura do pericarpo do fruto e área da semente (Tabela 3), para as duas últimas avaliações ocorreu o mesmo na primeira colheita (Tabela 2). Quanto ao conteúdo de capsaicina do fruto, mesmo que não haja diferença estatística entre os estádios de maturação, o conteúdo de capsaicina foi menor em frutos colhidos com a cor verde (10,72mg de capsaicina/g de fruto seco) em relação aos outros dois estádios de formação do fruto, cujos valores foram similares para as cores laranja e vermelha, respectivamente 16,75 e 16,54 mg de capsaicina/g de fruto seco (Tabela 3), assim, ocorreu acréscimo do conteúdo de capsaicina com o desenvolvimento do fruto. Justino et al (2015) quantificaram a capsaicina do endocarpo de frutos de *Capsicum baccatum* var. *pendulum* notaram que também não ocorreu diferença estatística entre os estádios de formação do fruto, mas também foi observado acréscimo do conteúdo de capsaicina conforme os estádios de maturação avançaram.

Tabela 3. *Capsicum chinense*, acesso Biquinho – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (abril, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	1,26 b	20,45 b	1,69 ^{ns}	14,49 b	104,01 a	10,72 ^{ns}
Laranja	1,48 a	22,62 ab	1,73	15,71 a	49,93 b	16,74
Vermelha	1,46 a	23,15 a	1,74	15,25 ab	30,98 c	16,54
CV (%)	6,31	5,22	4,14	3,29	2,54	19,38
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	41,00 ^{ns}	147,40 b	1,86 c	7,11 ^{ns}	0,74 b	24,20 a
Laranja	42,25	263,80 a	2,65 b	6,90	0,78 a	10,64 b
Vermelha	45,12	246,25 a	2,92 a	7,02	0,76 ab	7,41 b
CV (%)	6,96	6,31	2,94	5,8	1,57	12,91

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

5.1.3. Terceira colheita

Em relação aos resultados da terceira colheita, ocorreu novamente decréscimo no valor do ângulo h° (Tabela 4) conforme avançou o estágio de formação do fruto, sendo este confirmado pela análise estatística, o mesmo foi observado para as duas colheitas anteriores (Tabelas 2 e 3). O valor do ângulo h° define a tonalidade da cor fruto, os valores próximos a 180° representam a cor verde, próximos a 90° a amarela e os próximos a 0° à cor vermelha, dessa forma, os resultado indicaram que há alterações da cor do fruto na medida em que amadurecem, inclusive estes resultados foram confirmados pela análise estatística. As médias dos valores do ângulo Hue para as três colheitas foram de aproximadamente 106° para frutos de cor verde, 50° para frutos de cor laranja e 30° para os de cor vermelha. Devido a isso o colorímetro é um importante equipamento que pode ser usado para eliminar a subjetividade da avaliação visual das cores dos frutos, pois ao determinar os valores para cada cor, indicará o ponto ideal de colheita dos frutos, porque, conforme afirmaram Melo et al (2014), a cor dos frutos é um dos principais parâmetros utilizados para verificar a maturidade fisiológica das sementes de pimenta, sendo confirmado para os resultados para o acesso Biquinho, onde frutos colhidos com a cor vermelha obtiveram melhores resultados em relação aos aspectos físicos da semente.

Os resultados da massa da matéria seca de 100 sementes (MMSS) e do peso de mil sementes (PMS), Tabela 4, das sementes obtidas dos frutos de cor laranja e vermelha foram estatisticamente superiores aos dos frutos de cor verde, similar ao obtido para a MMSS nas duas últimas colheitas (Tabelas 2 e 3) e para a primeira colheita para o PMS (Tabela 2), foi observado o inverso para a porcentagem do espaço livre na cavidade interna da semente (Tabela 4), os resultados das sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor verde foram estatisticamente superiores aos dos frutos com as outras colorações, similar ao observado para as duas colheitas anteriores (Tabelas 2 e 3).

Para os resultados decorrentes das três colheitas do acesso Biquinho, há relação inversa entre a massa matéria seca de 100 sementes e o espaço livre interno da semente, isso é devido ao acúmulo de massa da matéria seca, que ocorre na semente em estádios de maturação mais avançado e dessa forma diminui o espaço livre interno.

Para os demais resultados não houve diferença estatística significativa, foram obtidos resultados similares para o comprimento do fruto na primeira colheita (Tabela 2) e para as avaliações do conteúdo de capsaicina e para o número de semente por fruto na segunda colheita (Tabela 3). Para o conteúdo de capsaicina foi observada a mesma relação da segunda colheita, mesmo não havendo diferença estatística entre os frutos colhidos com as três cores, em termos absoluto o conteúdo foi maior para os frutos com as cores intermediária e vermelha, 15,40 e 14,38 mg de capsaicina/ grama de fruto seco respectivamente, em comparação com os de cor verde, 7,79 mg de capsaicina/ grama de fruto seco, possibilitando afirmar que há o acréscimo do conteúdo de capsaicina, principalmente quando há a alteração da cor dos frutos, da verde para a laranja.

Sobre a espessura do pericarpo e a área da semente os resultados foram similares aos das duas colheitas anteriores (Tabelas 2 e 3), dessa forma, tanto a espessura do pericarpo do fruto, como a área da semente não têm alterações significativas em função do estágio de maturação dos frutos, então estes parâmetros não são indicativos da maturidade fisiológica das sementes do acesso Biquinho.

No que se refere à massa da matéria fresca do fruto, conforme aumentou o tempo de permanência da planta no campo, a diferença entre os estádios de maturação foi diminuindo até na última colheita, que não foi significativa, similar aos resultados da largura do fruto na última colheita, que não variaram também em função das diferenças das cores. Isso pode ter ocorrido devido à planta estar mais tempo no campo, sujeita a alterações climáticas e doenças e próximas do fim do ciclo, dessa forma não transferindo para os frutos e sementes a quantidade de fotoassimilados similar a do começo do ciclo. Paulus et al (2015) observaram

também a redução do valor da massa da matéria fresca de frutos de pimenta *Capsicum annum*, próximo ao fim do ciclo reprodutivo da planta no campo.

Tabela 4. *Capsicum chinense*, acesso Biquinho – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	1,45 ^{ns}	23,56 ^{ns}	1,64 ^{ns}	15,05 ^{ns}	106,58 a	7,79 ^{ns}
Laranja	1,43	21,67	1,79	15,32	52,07 b	15,4
Vermelha	1,32	21,95	1,56	14,5	28,42 c	14,38
CV (%)	12,72	4,8	10,45	5,92	3,84	18,24
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	48,00 ^{ns}	147,97 b	1,60 b	6,93 ^{ns}	0,77 ^{ns}	32,62 a
Laranja	40,50	224,62 a	2,61 a	7,05	0,79	16,90 b
Vermelha	39,12	241,45a	2,50 a	7,39	0,78	18,86 b
CV (%)	15,36	6,89	6,44	3,64	2,13	10,31

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%

5.2. KHARIKA (IAC-1632)

5.2.1. Primeira colheita

Os valores da massa da matéria fresca do fruto e da circularidade das sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor verde foram estatisticamente inferiores aos dos frutos colhidos com a cor laranja, sem variação em relação com as obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha (Tabela 5).

Em relação ao valor do ângulo h° (Tabela 5), ocorreu diferença entre todos os estádios de maturação e os resultados dos frutos de cor verde superiores aos dos demais frutos, novamente foi determinado que quanto mais o fruto é verde o valor do ângulo aproxima-se de 180° e na medida em que há a continuidade da formação do fruto o valor diminui em função da alteração da cor verde para a vermelha.

Para os resultados das avaliações da massa matéria seca de 100 sementes e do peso de mil sementes (Tabela 5) houve aumento, estatisticamente significativo, dos valores quando houve alteração da cor verde do fruto para a intermediária. Ribeiro (2004) obteve a mesma informação para as sementes de tomate, em que a massa matéria seca da semente e peso de

mil sementes tiveram relação direta em seus resultados. Já, para o espaço livre da cavidade interna da semente foi o contrário, houve diminuição do valor em função dos estádios de formação do fruto, os resultados das sementes obtidas do fruto de cor verde foram estatisticamente superiores aos demais, comprovando novamente que, na medida em que o fruto se forma, há o aumento da massa da matéria seca e do peso e o espaço vazio interno da semente diminui.

Não ocorreu diferença estatística significativa para os resultados das demais análises (Tabela 5). No entanto, é importante ressaltar que a variação do conteúdo de capsaicina dos frutos foi similar à obtida para a pimenta Biquinho, pois os valores são inferiores para os frutos colhidos com a cor verde e os frutos colhidos com as cores intermediária e vermelha praticamente não têm diferença, assim é evidente que o acúmulo máximo de capsaicina é quando há alteração da cor do fruto, da verde para a intermediária.

Tabela 5. *Capsicum chinense*, acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (março, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	1,37 b	55,34 ^{ns}	0,69 ^{ns}	6,67 ^{ns}	108,85 a	11,87 ^{ns}
Laranja	1,57 a	59,74	0,71	6,85	57,17 b	19,66
Vermelha	1,42 ab	57,85	0,68	6,87	32,69 c	18,51
CV (%)	12,72	3,95	8,73	4,21	7,4	16,67
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	48,00 ^{ns}	209,70 b	2,22 b	8,10 ^{ns}	0,62 b	25,78 a
Laranja	40,50	348,97 a	3,71 a	8,23	0,67 a	13,25 b
Vermelha	39,12	326,65 a	3,36 a	8,12	0,63 ab	15,53 b
CV (%)	15,36	8,53	17,49	3,52	3,65	22,57

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

5.2.2. Segunda Colheita

Novamente, para os frutos de cor verde, os resultados foram superiores para o valor do ângulo h° (Tabela 6) e ocorreu variação estatística significativa para todos os estádios de formação do fruto, resultados similares aos da primeira colheita (Tabela 5).

Os resultados das avaliações da massa matéria seca de 100 sementes e do peso de mil sementes (Tabela 6) mostram que sementes colhidas de frutos de cor verde não estão totalmente formadas e ocorre o acúmulo da massa com a alteração da cor verde para a intermediária, dessa forma, os resultados relacionados aos frutos colhidos com a cor verde foram estatisticamente inferiores aos colhidos com as cores intermediária e vermelha. Para a avaliação do espaço livre da cavidade interna da semente, o resultado das sementes obtidas do fruto colhido com a cor verde foi estatisticamente superior ao das sementes obtidas dos frutos com as outras colorações, similar ao obtido nos resultados da colheita anterior (Tabela 5).

Na medida em que houve a maturação dos fruto, os resultados da espessura do pericarpo e da largura do fruto dos frutos colhidos com a cor vermelha foram estatisticamente inferiores aos dos frutos colhidos com a cor verde; porém, em relação ao comprimento do fruto os resultados relacionados ao fruto de cor verde foram estatisticamente superiores aos dos frutos com as outras colorações, seguido pela cor vermelha e intermediária respectivamente (Tabela 6).

Para o restante das análises não foi observada diferença estatística significativa entre os estádios de formação do fruto (Tabela 6), porém, é importante ressaltar que os frutos colhidos com a cor verde tinham a menor quantidade de capsaicina, similar ao obtido na primeira colheita (Tabela 5).

Tabela 6. *Capsicum chinense*, acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (abril, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	1,35 ^{ns}	58,61 a	0,77 a	6,61 a	106,47 a	14,47 ^{ns}
Laranja	1,18	51,89 c	0,66 ab	6,50 ab	50,78 b	20,89
Vermelha	1,08	55,92 b	0,57 b	6,06 b	28,90 c	21,37
CV (%)	5,7	2,226	10,22	3,98	5,35	13,86
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	42,75 ^{ns}	111,65 b	1,30 b	8,68 ^{ns}	0,58 b	34,65 a
Laranja	42,75	274,75 a	2,98 a	8,48	0,71 a	22,62 b
Vermelha	45,01	258,75 a	3,30 a	8,48	0,70 a	17,37 b
CV (%)	8,47	16,69	7,98	4,07	6,14	17,44

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%

5.2.3. Terceira colheita

Em relação à massa da matéria fresca do fruto, à espessura do pericarpo e ao espaço livre da cavidade interna da semente (Tabela 7) ocorreu diminuição dos valores conforme houve a formação do fruto, os resultados dos frutos colhidos com a cores verde e intermediária foram estatisticamente superiores aos colhidos com a cor vermelha, foi observado o inverso para as análises de massa da matéria seca de 100 sementes e peso de mil sementes (Tabela 7), para as quais os resultados dos frutos com a cor vermelha foram estatisticamente superiores aos das outras duas colorações, novamente houve relação inversa entre a massa matéria seca e o peso de mil sementes, com o espaço livre interno da semente que diminui, conforme há o aumento da massa da semente, pois a semente está ainda em formação quando os frutos alteram da cor verde para a intermediária e por último a vermelha, essa relação foi constatada nas duas colheitas anteriores (Tabelas 5 e 6).

A redução da massa da matéria fresca do fruto colhido com a cor vermelha, pode estar relacionada à perda de água dos frutos em estádios avançados de desenvolvimento. A redução da massa da matéria fresca e da espessura do pericarpo foi superior na última colheita (Tabela 7) e pode estar relacionada ao crescimento indeterminado destas plantas, pois o tamanho do fruto tende a diminuir com a ordem de frutificação na planta, conforme constatato também por Dias et al (2006) para os frutos de tomate.

Em relação ao valor do ângulo h° (Tabela 7), os estádios de formação do fruto tiveram variação estatisticamente significativa e outra vez, frutos colhidos com a cor verde apresentaram valores superiores devido estarem mais próximos de tons verdes, ocorre então redução dos valores conforme o fruto se forma, o mesmo foi observado para as duas colheitas anteriores (Tabelas 5 e 6); os valores médios do ângulo hue para este acesso foi de aproximadamente 105° para frutos de cor verde, 53° para os de cor intermediária (mudança da cor verde para a vermelha) e 30° para os de cor vermelha, dessa forma, estes resultados confirmam a eficiência da utilização do colorímetro, para a diferenciação das cores dos frutos do acesso Kharika, nos diferentes estádios de maturação dos mesmos.

Em relação à área da semente, os resultados das sementes obtidas dos frutos de cor verde foram estatisticamente superiores aos das sementes obtidas dos frutos com as demais cores, dessa forma, sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor verde não estão ainda completamente formadas e há a alteração da forma, na medida em que o fruto se forma.

Para as demais avaliações, não ocorreram diferenças estatísticas significativas (Tabela 7), as variações do comprimento e da largura do fruto foram similares às obtidas na primeira colheita (Tabela 5) e o número de semente por fruto e o conteúdo de capsaicina foram semelhantes às duas colheitas anteriores (Tabelas 5 e 6). Não houve variação estatística significativa para o conteúdo de capsaicina, mas há aumento da quantidade devido à alteração da cor verde do fruto para a vermelha, que teve a maior média. Para o acesso Kharica há também aumento da capsaicina quando há a alteração da cor verde para a intermediária, similar ao constatado para o acesso Biquinho.

Tabela 7. *Capsicum chinense*, acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	1,35 a	54,66 ^{ns}	0,68 a	6,52 ^{ns}	99,86 a	15,38 ^{ns}
Laranja	1,32 a	56,09	0,67 a	6,44	49,37 b	20,36
Vermelha	0,76 b	53,95	0,36 b	7,03	28,56 c	22,87
CV (%)	10,18	7,56	12,4	4,54	8,07	10,5
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	51,75 ^{ns}	195,65 b	2,32 b	9,28 a	0,72 ^{nf}	30,27 a
Laranja	44,62	195,40 b	2,34 b	8,57 b	0,72	33,99 a
Vermelha	44,25	319,95	3,23 a	8,65 b	0,75	21,26 b
CV (%)	14,51	7,11	3,92	2,83	3,02	11,72

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

5.3. OLHO DE PEIXE (IAC-1580)

5.3.1. Primeira colheita

As avaliações das características físicas dos frutos (Tabela 8) indicaram que houve variação estatística significativa entre os resultados, em função dos estádios de formação do fruto, para o comprimento e para o valor do ângulo h° ; assim, os frutos colhidos com a cor verde tiveram resultados estatisticamente superiores aos dos colhidos com as cores laranja e vermelha e estes resultados também diferiram entre si.

Já, para os resultados da massa da matéria seca de 100 sementes e do peso de mil sementes (Tabela 8) ocorreu acréscimo nos valores quando a cor do fruto alterou de verde para laranja e decréscimo na medida em que o fruto amadureceu e a cor tornou-se vermelha, as sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor laranja superaram as das demais colorações, seguido pela cor vermelha e por último a verde. Segundo Weber et al (2010), o ponto de maturidade fisiológica é observado quando as sementes atingem o máximo de acúmulo de matéria, porém, Justino et al (2015) afirmaram que esse parâmetro não pode ser analisado isoladamente, porque tem influência dos fatores ambientais e genéticos.

Houve decréscimo da área da semente (Tabela 8) em função da alteração da cor do fruto, de laranja para vermelha, o resultado das sementes obtidas dos frutos com a cor vermelha foi estatisticamente inferior aos dos frutos colhidos com as cores laranja e verde, que, por sua vez, não diferiram estatisticamente entre si.

O resultado da avaliação da circularidade da semente obtida dos frutos de cor laranja foi estatisticamente superior aos das sementes obtidas dos frutos com a cor verde, dessa forma, há comprovação da alteração da forma da semente, na medida em que se forma e que o fruto amadurece.

Para as sementes obtidas dos frutos com as cores laranja e vermelha, a avaliação do espaço livre da cavidade interna da semente (Tabela 8) indicou que os resultados foram estatisticamente superiores aos das sementes obtidas do fruto com a cor verde, porém dessa vez não houve relação inversa com a massa matéria seca de 100 sementes, como obtido para os acessos Biquinho e Kharica.

Para os demais resultados das análises não houve variações estatísticas significativas (Tabela 8), entretanto é importante ressaltar o aumento da quantidade da capsaicina dos frutos, na medida em que há formação do fruto, similar ao obtido para os dois acessos anteriores.

Tabela 8. *Capsicum chinense*, acesso Olho de peixe (IAC-1580) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de maturação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	0,87 ^{ns}	14,74 a	1,50 ^{ns}	12,90 ^{ns}	106,98 a	20,27 ^{ns}
Laranja	0,89	13,31 b	1,45	12,68	51,39 b	22,55
Vermelha	0,78	12,50 c	1,33	12,00	33,64 c	25,10
CV (%)	8,01	2,54	7,7	3,79	2,37	10,29
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	39,62 ^{ns}	166,65 c	1,79 c	7,00 a	0,71 b	33,37 a
Laranja	35,62	272,40 a	3,05 a	7,35 a	0,75 a	12,96 b
Vermelha	40,00	244,27 b	2,54 b	6,10 b	0,73 ab	12,95 b
CV (%)	12,85	5,21	3,62	4,61	2,28	16,16

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

5.3.2. Segunda colheita

Ocorreu decréscimo da largura dos frutos (Tabela 9) na medida em que amadureceram, os resultados dos frutos colhidos com a cor vermelha foram estatisticamente inferiores aos dos colhidos com a cor verde. Para os valores do ângulo h° , da massa matéria seca de 100 sementes e do peso de mil sementes (Tabela 9) ocorreram diferenças estatísticas entre todos os estádios de formação do fruto, para o ângulo h° o resultado do fruto colhido com a cor verde foi superior ao das demais colorações, similar ao obtido na primeira colheita (Tabela 8), a cor verde é caracterizada pelo ângulo h° cujo valor é próximo a 180° ; há a redução do valor desse ângulo na medida em que o fruto amadurece e a cor do fruto se altera.

Para as avaliações da massa da matéria seca de 100 sementes e do peso de mil sementes, os resultados das sementes obtidas dos frutos com a cor vermelha foram superiores aos das obtidas dos frutos com as cores laranja e verde (Tabela 9), caracterizando a maturidade fisiológica das sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha. Bewley et al (2013) afirmaram que o acúmulo de massa matéria seca da semente tem reflexos nas características físicas das sementes; realmente isto foi observado também em relação à área da semente, pois os resultados das sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor laranja foram estatisticamente superiores aos resultados das obtidas de frutos com a cor verde (Tabela 9).

Para o espaço livre da cavidade interna da semente (Tabela 9), os resultados das sementes obtidas dos frutos com a cor intermediária e vermelha foram estatisticamente superiores aos das obtidas dos frutos com a cor verde, similar ao observado na primeira colheita (Tabela 8), este resultado comprova que os frutos colhidos com a cor verde e as respectivas sementes estão ainda em formação.

Não ocorreu diferenças estatísticas para os restantes dos resultados, o mesmo foi notado na primeira colheita para a massa fresca do fruto, espessura do pericarpo, número de semente por fruto e o conteúdo de capsaicina (Tabela 9), nesta última é importante ressaltar que novamente ocorreu acréscimo do conteúdo de capsaicina em estádios de formação do fruto mais avançados.

Tabela 9. *Capsicum chinense*, acesso Olho de Peixe (IAC-1580) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (abril, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	0,66 ^{ns}	11,29 ^{ns}	1,29 ^{ns}	11,55 a	103,66 a	13,63 ^{ns}
Laranja	0,65	11,27	1,28	11,27 b	52,31 b	17,65
Vermelha	0,66	11,79	1,15	11,07 b	33,40 c	20,31
CV (%)	4,32	4,5	6,93	1,59	4,11	13,52
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	37,50 ^{ns}	145,90 c	1,49 c	6,81 b	0,74 ^{ns}	34,51 a
Laranja	37,50	216,05 b	2,51 b	7,40 a	0,77	26,95 b
Vermelha	37,50	264,90 a	2,76 a	7,08 ab	0,76	21,43 b
CV (%)	10,78	11,69	4,02	3,49	2,98	12,52

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

5.3.3. Terceira colheita

Em relação à espessura do pericarpo na última colheita (Tabela 10) houve decréscimo dos valores na medida em que houve a maturação dos frutos; o resultado relacionado aos frutos de cor vermelha foi estatisticamente inferior ao dos frutos com a cor verde, assim, mesmo considerando que nas duas colheitas anteriores não houve diferença estatística significativa para a avaliação da espessura do pericarpo (Tabelas 8 e 9), é possível afirmar que há redução destes valores na medida em que o fruto amadurece.

Novamente há diferença estatística entre todos os estádios de formação do fruto para o valor do ângulo h° (Tabela 10), com o maior valor para os frutos com a cor verde, similar ao obtido nas duas colheitas anteriores (Tabelas 8 e 9) e também para os frutos dos dois acessos anteriores, confirmando também a eficiência da utilização do colorímetro para determinar as variações das cores dos frutos do acesso Olho de Peixe. A média do valor do ângulo Hue para esse acesso foi de aproximadamente 103° para frutos com a cor verde, 54° para a cor laranja e 33° para a cor vermelha.

Os resultados do peso de mil sementes dos frutos colhidos com as colorações laranja e vermelha foram estatisticamente superiores aos dos frutos colhidos com a cor verde, decorrentes do acúmulo da massa nos estádios mais avançados de desenvolvimento do fruto.

Para o restante das avaliações não ocorreram diferenças estatísticas entre os estádios de maturação, similar ao obtido nas duas colheitas anteriores. É essencial considerar que não houve variação de resultado para a determinação da massa da matéria fresca do fruto (Tabelas 8 e 9), com a mudança das cores dos frutos, isso mostra que a massa da matéria fresca do fruto se mantém constante conforme avança o estágio de maturação dos frutos e das sementes, dessa forma essa variável não é um bom indicativo para a averiguação da maturidade fisiológica da semente do acesso Olho de Peixe.

Quanto maior foi ciclo das plantas no campo, o valor do espaço livre da cavidade interna das sementes aumentou gradativamente em relação aos estádios de formação do fruto, correspondentes às cores laranja e vermelha, sendo que na última colheita, as sementes obtidas dos frutos com a cor vermelha tinham o espaço vazio 24% maior que na primeira colheita, indicando que o estágio fenológico da planta interfere nos aspectos físicos da semente do acesso Olho de peixe.

Ocorreu decrescimo nos valores de capsaicinada da primeira colheita dos frutos para a última colheita (Tabelas 8, 9 e 10), e na terceira colheita praticamente não houve variação (Tabela 10). Kirschbaum-Titze; Mueller-Seitz; Petz (2002), também constaram diferença na pungência nos frutos de uma mesma planta dependendo do momento em que os frutos foram colhidos e afirmaram também que houve redução do conteúdo de capsaicina em frutos colhidos em períodos frios quando comparada aos quentes, o que também ocorreu nesta pesquisa.

Tabela 10. *Capsicum chinense*, acesso Olho de peixe (IAC-1580) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	0,64 ^{ns}	11,65 ^{ns}	1,33 a	11,23 ^{ns}	99,73 a	13,70 ^{ns}
Laranja	0,57	11,34	1,19 ab	11,03	58,50 b	14,76
Vermelha	0,60	11,45	1,19 b	11,47	33,24 c	14,24
CV (%)	10	5,56	6,34	4,14	2,81	7,64
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	38,50 ^{ns}	166,80 ^{ns}	1,58 b	7,60 ^{ns}	0,79 ^{ns}	40,85 ^{ns}
Laranja	35,87	157,4	1,87 a	7,74	0,78	35,59
Vermelha	36,87	175,85	1,99 a	7,72	0,77	37,14
CV (%)	5,68	6,14	3,5	2,17	1,19	9,25

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

5.4. NAGA MORICH (IAC-1625)

5.4.1. Primeira colheita

Em relação às avaliações das características físicas dos frutos do acesso Naga Morich (Tabela 11), houve redução do comprimento dos frutos colhidos com a cor verde em relação aos de cor vermelha e ambos não tiveram variação significativa do comprimento em relação aos frutos de cor intermediária (mudança do verde para o vermelho). Quanto à largura do fruto, ocorreu acréscimo para os frutos colhidos com a cor verde em comparação com os de cor vermelha, sendo esta última estatisticamente superior demais colorações que não se diferiram estatisticamente entre si.

Novamente houve diferença estatística entre todos os resultados do valor do ângulo h° , e do espaço livre da cavidade interna da semente (Tabela 11). Para o valor do ângulo h° , frutos colhidos com a cor verde apresentou valor superior as outras colorações e frutos com a cor vermelha apresentaram menor valor, por estarem mais próximo dos tons vermelhos dado pelo colorímetro. Em relação aos aspectos físicos da semente, o mesmo foi observado para o espaço livre da cavidade interna da semente, sementes colhidas de frutos de cor verde apresentaram maior espaço livre, seguido pela cor intermediária e por último a vermelha,

nessa colheita houve relação direta entre a mudança de cor dos frutos e a diminuição do espaço livre interno da semente.

Para o resultado do peso de mil sementes (Tabela 11), frutos com a cor vermelha e intermediária foram superiores a cor verde, ocorreu aumento do peso da semente na mudança da cor dos frutos de verde para intermediário. Já para a área da semente (Tabela 11) o resultado encontrado foi o contrário, pois os resultados das sementes colhidas de frutos de cor verde foram estatisticamente superiores as das sementes obtidas dos frutos com as outras duas cores, mais uma vez, é possível afirmar que durante a formação da semente há a alteração da forma. Quanto à circularidade da semente (Tabela 11), o resultado das obtidas do fruto com a cor vermelha foi estatisticamente superior a das sementes obtidas dos frutos com as cores intermediária e verde, confirmando, outra vez, a alteração física da semente em função do estágio de desenvolvimento do fruto.

Os restantes dos testes não tiveram resultados estatisticamente significativos (Tabela 11), porém há aumento do conteúdo de capsaicina, conforme há a formação do fruto.

Tabela 11. *Capsicum chinense*, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (março, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	6,57 ^{ns}	67,36 a	1,24 ^{ns}	24,01 b	113,89 a	41,82 ^{ns}
Laranja	6,29	59,67 ab	1,36	24,01 b	59,31 b	66,10
Vermelha	6,15	53,74 b	1,32	25,60 a	32,56 c	90,79
CV (%)	8,29	6,49	5,84	3,84	6,07	29,63
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	48,50 ^{ns}	373,47 ^{ns}	3,11 b	10,44 a	0,28 b	30,58 a
Laranja	47,87	427,6	4,57 a	9,67 b	0,29 b	18,23 b
Vermelha	56,12	394,12	4,14 a	9,03 b	0,33 a	12,52 c
CV (%)	19,76	7,59	8,98	3,56	5,6	10,86

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

5.4.2. Segunda colheita

As avaliações dos frutos do acesso Naga Morich, no segundo momento da colheita (Tabela 12), indicaram que ocorreram diferenças estatísticas significativas para o comprimento dos frutos e para o ângulo h° . Houve aumento do comprimento conforme avançou o estágio de maturação, o resultado relativo aos frutos de cor vermelha foi estatisticamente superior aos dos frutos colhidos com as cores intermediária e verde, o contrário do que foi observado na primeira colheita (Tabela 11). Quanto ao valor do ângulo h° ocorreu diferença estatística entre todos os resultados (Tabela 12), houve decréscimo nos valores conforme aumentou o estágio de formação do fruto, similar ao obtido na primeira colheita (Tabela 11). Já, para o número de sementes, o resultado relacionado aos frutos com a cor intermediária foi estatisticamente inferior ao dos frutos com a cor vermelha.

Em relação aos aspectos físicos da semente, à massa matéria seca de 100 sementes e ao peso de mil sementes (Tabela 12), os resultados das obtidas dos frutos com as cores intermediária e vermelha superaram estatisticamente os das sementes obtidas dos frutos com a cor verde. Para o espaço livre da cavidade interna da semente foi observado o contrário (Tabela 12), pois o resultado das sementes obtidas dos frutos com a cor verde foi estatisticamente superior aos dos outros dois estágios de maturação, esse resultado foi também observado em diferentes colheitas dos três acessos citados anteriormente, isso mostra que conforme a semente se forma e fruto se torna vermelho, há acréscimo da massa e o espaço livre interno diminui. A área das sementes (Tabela 12) obtidas dos frutos com a cor vermelha superou estatisticamente a área das sementes obtidas dos frutos com as cores verde e intermediária; mais uma vez é evidenciada a alteração da forma das sementes durante o desenvolvimento.

Não houve variação estatística significativa para o restante dos testes (Tabela 12), com similaridade dos resultados da massa da matéria fresca do fruto, da espessura do fruto e do conteúdo de capsaicina obtidos na primeira colheita (Tabela 11). Em relação ao conteúdo de capsaicina, mesmo não havendo diferença estatística, há o acréscimo da quantidade conforme há a formação do fruto, similar ao observado na colheita anterior.

Tabela 12. *Capsicum chinense*, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg) , peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (abril, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	6,00 ^{ns}	51,43 b	1,31 ^{ns}	23,41 ^{ns}	113,22 a	59,93 ^{ns}
Laranja	6,27	53,48 b	1,31	22,93	62,19 b	75,69
Vermelha	6,17	58,29 a	1,31	24,64	30,04 c	87,9
CV (%)	8,38	3,93	8,53	4,26	3,07	11,65
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	55,75 ab	334,60 b	3,27 b	8,14 b	0,35 ^{ns}	26,42 a
Laranja	44,12 b	473,10 a	4,76 a	8,31 ab	0,36	14,14 b
Vermelha	67,00 a	447,70 a	4,71 a	8,31 a	0,33	12,84 b
CV (%)	18,57	9,31	1,11	6,26	8,41	11,96

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

5.4.3. Colheita 3

Na última colheita, para os frutos colhidos com a cor vermelha os resultados da massa da matéria fresca do fruto e da massa da matéria seca de 100 sementes foram estatisticamente superiores aos das demais cores (Tabela 13). No decorrer da formação dos frutos houve aumento da massa de 100 sementes e redução do espaço livre da cavidade interna da semente, resultados semelhantes aos obtidos nas duas colheitas anteriores (Tabelas 11 e 12), caracterizando a relação entre o aumento do peso da semente e a redução do espaço vazio interno, em função disso, é possível afirmar que as sementes colhidas dos frutos com a cor vermelha atingiram a maturidade fisiológica. Segundo Bewley et al (2013) o acúmulo de metabólitos translocados da planta para as sementes durante a maturação, pode modificar as características físicas das mesmas.

A alteração da cor do fruto de verde para a intermediária causou aumento da largura do fruto (Tabela 13), resultado estatisticamente superior ao do fruto com a cor verde, sem variações significativas entre esses resultados e os dos frutos com a cor vermelha. Os valores do ângulo h° (Tabela 13) foram similares aos da primeira e segunda colheitas (Tabelas 11 e 12), com variações entre os resultados dos estádios de formação do fruto, similar ao obtido para os três acessos de pimentas analisados anteriormente, indicando a eficiência da utilização do colorímetro para a distinção e caracterização das cores dos frutos.

As médias dos valores do ângulo Hue de todas as colheitas para este acesso foi de aproximadamente 112° para a frutos com a cor verde, 58° para a cor intermediária e 31° para a cor verde.

Para as avaliações da circularidade da semente e do peso de mil sementes, os resultados das sementes obtidas dos frutos com a cor verde foram estatisticamente inferiores aos das obtidas dos frutos com as cores intermediária e vermelha (Tabela 13), conforme houve alteração da cor verde para a intermediária ocorreu mudança da forma e do peso das sementes, dessa forma, o que caracteriza a imaturidade das sementes obtidas dos frutos com a cor verde.

Para as demais avaliações não ocorreu variação estatística significativa (Tabela 13). A determinação da espessura do pericarpo não teve alteração em função dos estádios de formação do fruto, independentemente do momento da colheita (Tabelas 11, 12 e 13), assim não é uma determinação indicada para caracterizar a maturidade fisiológica da semente para o acesso Naga Morich.

Para o conteúdo de capsacina, mesmo não havendo diferença estatística entre os estádios de formação do fruto (Tabelas 11, 12 e 13), em todas as colheitas houve acréscimo da capsacina, em função da maturação. O conteúdo de capsacina nos frutos pode estar relacionado com a cor dos frutos e, conseqüentemente, com o seu estágio de maturação, sendo que quanto maior o grau de maturação da pimenta maior é o seu conteúdo (Long-Solis, 1998), esta relação foi observada também para todas as colheitas para o acesso da pimenta Naga Morich.

Os resultados do valor do ângulo h° e do peso de mil sementes (Tabelas 11, 12 e 13), foram estatisticamente iguais para todas as colheitas, constituindo outros indicativos que podem ser indicados para a caracterização da maturidade fisiológica da semente.

Tabela 13. *Capsicum chinense*, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados referentes às colheitas do fruto nos estádios de formação correspondentes às cores verde, laranja e vermelha: massa fresca do fruto (MFF; g), comprimento do fruto (CF; mm), espessura do pericarpo (EP; mm), largura do fruto (LF; mm), ângulo h° (graus), conteúdo de capsaicina do fruto (CAPS; mg/grama de fruto seco), número de sementes por fruto (SF; número) e área da semente (AS; mm²), circularidade da semente (C), massa matéria seca de 100 sementes (MMSS; mg), peso de mil sementes (PMS; g) e espaço livre da cavidade interna das sementes (EL; %) (maio, 2017).

Cor do fruto	MFF (g)	CF (mm)	EP (mm)	LF (mm)	h° (graus)	CAPS (mg)
Verde	5,63 b	53,85 ^{ns}	1,21 ^{ns}	22,23 b	22,23 b	52,11 ^{ns}
Laranja	5,58 b	50,6	1,16	23,81 a	23,81 a	69,68
Vermelha	6,18 a	52,8	1,18	22,70 ab	22,70 ab	70,42
CV (%)	3,8	4,58	4,44	3,46	6,11	18,74
Cor do Fruto	SF (número)	MMSS (mg)	PMS (g)	AS (mm)	C (número)	EL (%)
Verde	56,50 ^{ns}	355,20 b	3,67 b	10,23 ^{ns}	0,29 b	26,92 a
Laranja	54,00	380,30 b	4,27 a	9,68	0,34 a	18,92 b
Vermelha	53,00	423,65 a	4,45 a	9,76	0,35 a	18,52 b
CV (%)	12,38	5,64	2,86	4,21	6,79	9,24

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

6. CONCLUSÃO

A utilização do colorímetro é eficiente para a distinção e a caracterização das cores dos frutos, dos quatro acessos genéticos, avaliadas nos diferentes estádios de maturação dos frutos e evita a subjetividade intrínseca à avaliação visual.

Há o aumento da quantidade de capsaicina em todos os acessos, principalmente quando há a alteração da cor do fruto de verde para a intermediária; o acesso Biquinho é o que tem a menor pungência e o Naga Morich é o mais pungente; a pungência está relacionada à quantidade da capsaicina dos frutos.

Existe relação direta entre a massa da matéria seca da semente e o preenchimento da cavidade interna da semente.

Referências

- ABCSEM, 2009. **Pesquisa de Mercado de Sementes de Hortaliças**. Disponível em: < http://www.abcsem.com.br/docs/pesquisa_mercado_2009.pdf >. Acesso: 15 de junho de 2018.
- AL OTHMAN, Z. A.; AHMED, Y. B. H.; HABILA, M. A.; GHAFAR, A. A. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in *Capsicum* fruit samples using high performance liquid chromatography. **Molecules**, vol. 16, n.10 p. 8919–8929, 2011.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392p.
- BOSLAND, P.W.; VOTAVA, E.J. **Peppers: vegetable and spice Capsicums**, New York: CABI Publishing, 1999. 204p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ ACS, 2009. 398p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L.B. **Sistema de Produção de Pimentas (*Capsicum spp.*): Botânica**. 2007. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 4 ISSN 1678. Disponível em: < https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/botanica.html >. Acesso em: 19 de junho de 2018.
- CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B.; BUSTAMANTE, P.G.; SILVA, D.B. **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum spp.*) da Embrapa Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003. 49p
- CASTRO, M. M.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I. Qualidade de sementes de quiabeiro em função da idade e do repouso pós-colheita dos frutos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1491-1495, 2008.

- COSTA, C.S.R.; HENZ, G.P. 2007. **Pimenta (*Capsicum* spp.) – Botânica**. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/botanica>. Acessado em: 28/08/ 2018.
- DEMIR, I.; ELLIS, R.H. Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. **Seed Science Research**, Wallingford, v.2, n.2, p.81-87, 1992.
- DIAS, D.C.F.S.; RIBEIRO, F.P.; DIAS, L.A.; SILVA, D.J.H.; VIDIGAL, D.S. Maturação de sementes de tomate em função da ordem de frutificação na planta. **Ceres**, v.53, n.308, p.446-456, 2006.
- DJIAN-CAPORALINO, C. et al. *Capsicum*. In: SINGH, R. J; JAUHAR, P. P (eds). **Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement**. v. 3, p. 186–245, 2007.
- DJIAN-CAPORALINO, C.; LEFEBVRE, V.; SAGE-DAUBEZE, A-M.; PALLOIX, A. *Capsicum*. In: SINGH, R. J. (Ed.) **Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement: vegetable crops**, vol 3. CRC Press., Boca Raton, FL, USA, 2007. p. 185-243.
- ESTRADA, B.; DIAZ, J.; MERINO, F.; BERNAL, M. A. The effect of seasonal changes on the pungency level of padron pepper fruits. ***Capsicum and Eggplant Newsletter***, v. 18, p.28-31, 1999.
- ESTRADA, B.; POMAR, F.; DIAZ, J.; MERINO, F.; BERNAL, M.A. Effects of mineral fertilizer supplementation on fruit development and pungency in Padrón pepper. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.73, p.493-497, 1998.
- FONSECA, R.M.; LOPES, R.; BARROS, W.S.; LOPES, M.T.G.; FERREIRA, F.M. Morphologic characterization and genetic diversity of *Capsicum chinense* Jacq. accessions along the upper Rio Negro – Amazonas. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.8, p.187-194, 2008.
- FREITAS, R.A.; NASCIMENTO, W.M.; CARVALHO, S.I.C. Produção de sementes. In: RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A.; CARVALHO, S.I.C.; HENZ, G.P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Pimentas *Capsicum***. Brasília, Embrapa Hortaliças: Athalaia Gráfica e Editora Ltda. 2008. p. 173-176.
- GONZÁLEZ-ZAMORA, A .E.; SIERRA-CAMPOS, R.; PÉREZ-MORALES, C.; VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, M. A.; GALLEGOS-ROBLES, J.D.; LÓPEZ-MARTÍNEZ.; J. L. GARCÍA-HERNÁNDEZ. Measurement of capsaicinoids in chiltepín hot pepper: a comparison study between spectrophotometric method and high performance liquid chromatography analysis. **Journal of Chemistry**, v 2015, p. 1-10, 2015.

- HENZ, G.P. Perspectivas e potencialidade do mercado para pimentas, In: **ENCONTRO**
- ISHIKAWA, K.; JANOS, T.; SAKAMOTO, S.; NUNOMURA, O. The contents ofcapsaicinoids and their phenolic intermediates in the various tissues of the plants of *Capsicum annuum* L. **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v.17, p.22-25, 1998.
- JUSTINO, E. V.; BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E.; SILVA FILHO, J. G.; NASCIMENTO, W. M. Determinação da maturidade fisiológica de sementes de pimenta dedo de moça *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 324-331, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000300008>.
- KIRSCHBAUM-TITZE, P.; MUELLER-SEITZ, E.; PETZ, M. Pungency in paprika (*Capsicum annuum*). 2. Heterogeneity of capsaicinoid content in individual fruits from one plant. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.5, p.1264–1266, 2002.
- KWON, O.S.; BRADFORD, K.J. Tomato seed development and quality as influenced by preharvest treatment with ethephon. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.3, p.588-591, 1987.
- LANNES, S.D.; FINGER, F.L.; SCHUELTER, A.R.; CASALI, V.W.D. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. **Scientia Horticulturae**, v.112, p.266- 270, 2007.
- LONG-SOLIS. **Capsicum y cultura: la historia del chilli**. México: Ed. Fundo de Cultura Econômica. P.240, 1998.
- MELO, A. M. T.; NASCIMENTO, W. M.; FREITAS, R. A. Produção de sementes de pimenta. In: NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, 2014. p. 169-197.
- NACIONAL DO AGRONEGÓCIO PIMENTAS (*Capsicum* spp.)**, 2004. Brasília, *Anais...*Brasília: Embrapa Hortaliças, 3p. 1 CD-ROM.
- NASCIMENTO, W.M.; DIAS, D.C.F.S.; FREITAS, R.A. Produção de sementes de pimentas. **Informe agropecuário: Cultivo da pimenta**, Belo Horizonte, v. 27, n.235, p.30-39, 2006.
- NASCIMENTO, W.M.; DIAS, D.C.F.S.; FREITAS, R.A. Produção de sementes de pimentas. **Informe agropecuário: Cultivo da pimenta**, Belo Horizonte, v. 27, n.235, p.30-39, 2006.
- NWOKEM, C.O.; AGBAJI, E.B.; KAGBU, J.A.; EKANEM, E.J. Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria. **New York Science Journal**. v.3, n.9, p.17-21, 2010.

- PARRISH, M. Liquid chromatographic method of determining capsaicinoids in *Capsicum* and their extractives: collaborative study. **Journal Association of Official Analytical Chemistry**, vol.79, p. 738–745, 1996.
- PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; SANTIN, A.; TOFFOLI, E.; PAULUS, E. Crescimento, produção e qualidade de frutos de pimenta (*Capsicum annuum*) em diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.01, p. 091-100, 2015.
- Pinheiro, S. M. J. (2009). **Tecnologia pós-colheita para conservação de bananas da cultivar Tropical**. 2009. 59p. Dissertação (mestrado em produção vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros-Unimontes, Janaúba, 2009.
- RAIJ, B. van.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)
- REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Org.) **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Embrapa Hortaliças, 2000. 113p.
- RIBEIRO, C. S. C. **Sistema de Produção de Pimentas** (*Capsicum* spp.): **cultivares**. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, Brasília, 4 ISSN 1678 Versão Eletrônica, Dezembro/2004
- RIBEIRO, F. P. **Produção e qualidade de sementes de tomate em função do estágio de formação do fruto e da ordem de frutificação na planta**. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa
- RIBEIRO, F. P. **Produção e qualidade de sementes de tomate em função do estágio de formação do fruto e da ordem de frutificação na planta**. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa
- SANTOS, C.F.M.; BRACHT, F.; CONCEIÇÃO, G.C. A carreira da malagueta: uso e disseminação das plantas do gênero *Capsicum* nos séculos XVI e XVII. **Revista Ideas**, v. 6, n. 2, p.134-169, 2012.
- TEWKSBURY, J.J.; MANCHEGO, C.; HAAK, D.C.; LEVEY, D.J. Where did the chili gets its spice? Biogeography of capsaicinoid production in ancestral wild chili species. **Journal of Chemical Ecology**, v.32, n.3, p.547-564, 2006.
- VALDES, V.M.; GRAY, D. The influence of stage of fruit maturation on seed quality in tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karsten). **Seed Science and Technology**, Zürich, v.26, n.2, p.309-318, 1998.

- VALVERDE, R. M. V. **Composição Bromatológica da Pimenta Malagueta in natura e Processada em Conserva**. Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Processos de Alimentos. Itapetinga, BA: UESB, 2011, 54 p.
- WEBER, H.; SREENIVASULU, N.; WESCHKE, W. Molecular physiology of seed maturation and seed storage protein biosynthesis. **Plant Developmental Biology**, v.2, p.83-104, 2010.
- YALDIZ, G.; OZGUVEN, M.; SEKEROGLU, N. Variation in capsaicin contents of different *Capsicum* species and lines by varying drying parameters. **Industrial Crops and Products**, v.32, p.434–438, 2010.

7. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS DAS SEMENTES DE PIMENTAS, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DOS TEORES DA CAPSAICINA

Resumo

As pimentas têm pungência devido aos capsaicinóides, característicos do gênero *Capsicum*, e o principal é a capsaicina. Não há estudo que relacione o conteúdo de capsaicina das pimentas, a maturação da semente e os parâmetros fisiológicos; assim, nesta pesquisa foi determinada a associação entre o teor de capsaicina e a qualidade das sementes, de quatro acessos de *Capsicum chinense*, das pimentas Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de peixe (IAC-1580) e Naga Morich (IAC-1625), colhidas em três estádios de formação do frutos. Para tanto, as sementes foram extraídas dos frutos colhidos nas cores verde, intermediária e vermelha e foram avaliadas imediatamente após serem extraídas dos frutos e após serem extraídas e lavadas. As sementes, foram avaliadas quanto à germinação, ao índice de velocidade de germinação, à emergência da plântula, ao índice de velocidade de emergência da plântula, à massa da matéria seca da plântula, o comprimento da parte aérea e da raiz da plântula, também foi quantificado o conteúdo de capsaicina nas sementes. Foi avaliado o comportamento das sementes extraídas de frutos de cor vermelha durante o armazenamento durante o período de 4 e 6 meses. Para a análise estatística foi utilizado o delineamento experimental inteiramente aleatorizado, para as avaliações imediatas foi utilizado o esquema fatorial (3x2), as médias foram comparadas meio do teste de Tukey (5%). A qualidade máxima das sementes da pimenta, em termos do parâmetro fisiológico, é obtida quando colhidas dos frutos de cor vermelha. A qualidade máxima das sementes da pimenta, em termos do parâmetro fisiológico, é obtida quando colhidas dos frutos de cor vermelha. Há alteração do teor da capsaicina da semente conforme altera o estágio de formação do fruto, independentemente do acesso. Para as sementes do acesso Biquinho, há a redução do conteúdo da capsaicina conforme há formação do fruto, a menor quantidade de capsaicina corresponde às sementes colhidas na maturidade fisiológica ou próximo à maturidade. Para as sementes do acesso Naga Morich, ocorre acréscimo do conteúdo de capsaicina na medida em que há a formação do fruto, o conteúdo máximo corresponde ao das sementes colhidas na maturidade fisiológica ou próximo à maturidade. A lavagem não interfere nos atributos fisiológicos das sementes em avaliações imediatas. As sementes dos acessos Kharika e Olho de peixe não mantêm a qualidade durante o armazenamento por 4 meses. Há a manutenção da qualidade das sementes dos acessos Biquinho e Naga Morich, quando armazenadas por até 6 meses. A lavagem das sementes favorece a conservação das sementes do acesso Naga Morich.

Palavras-chave: Maturidade fisiológica.; *Capsicum chinense*; Atributos fisiológicos; Pungência

Abstract

The peppers have a pungency due to the capsaicinoids, characteristic of the *Capsicum* genus, and the main one is capsaicin. There is no study that relates the content of capsaicin of the peppers, the maturation of the seed and the physiological parameters; thus, in this study the association between capsaicin content and seed quality was determined from four accessions of *Capsicum chinense*, of the peppers Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de peixe (IAC-1580) and Naga Morich (IAC-1625) harvested at three stages of fruit formation. For this, the seeds were extracted from the fruits harvested in the green, intermediate and red colors and were evaluated immediately after being extracted from the fruits and after being extracted and washed. Seeds were evaluated for germination, germination speed index, seedling emergence, seedling emergence speed index, seedling dry matter mass, shoot length and seedling root length. The content of capsaicin in the seeds was also quantified. The behavior of seeds extracted from red fruits during storage for the period of 4 and 6 months was evaluated. For the statistical analysis, the experimental design was completely randomized. For the immediate evaluations, the factorial scheme was used (3x2) and the averages were compared using the Tukey test (5%). The maximum quality of the seeds of the pepper, in terms of the physiological parameters, is obtained when harvested of the fruits of red color. There is a change in the capsaicin content of the seed as it changes the fruit formation stage, regardless of access. For the seeds of the Biquinho access, there is the reduction of the capsaicin content as the fruit is formed, the lower amount of capsaicin corresponds to the seeds harvested at the physiological maturity or near maturity. For the seeds of the Naga Morich access, the content of capsaicin increases as the fruit is formed, the maximum content corresponds to that of the seeds harvested at the physiological maturity or near maturity. The washing does not interfere with the physiological attributes of the seeds in immediate evaluations. The seeds of the Kharika and Olho de Peixe accesses do not maintain quality during storage for 4 months. There is the maintenance of the quality of the seeds of the Biquinho and Naga Morich accesses when stored for up to 6 months. The seeds wash favors the conservation of Naga Morich access seeds.

Keywords: Physiological maturity; *Capsicum chinense*; Physiological attributes; Pungency

8. Introdução

As pimentas, do gênero *Capsicum*, são conhecidas mundialmente devido à cor, à pungência e ao aroma (PRUTHI, 1980; SOUSA et al., 2006). A espécie *C. chinense* é a mais difundida na América Tropical e cultivada na região da Bacia Amazônia, que é a área de diversidade desta espécie, também é a área brasileira de origem desta espécie (REIFSCHNEIDER, 2000). Segundo Carvalho e Bianchetti (2008), esta espécie foi domesticada por índios e é possível encontrar espécies semi-domesticadas e silvestres. São conhecidas popularmente como “pimenta-de-bico”, “pimenta-de-cheiro”, “pimenta-de-bode”, “olho de ganso”, “cumari-do-Pará”, “murupi”, “murici” e outros, dependendo da região do país (BOSLAND; VOTAVA, 1999). É importante para a agricultura brasileira, por ser uma das pimentas mais cultivadas. É cultivada em pequenas propriedades, com mão de obra familiar, contribuindo com parte da renda, sendo comercializada *in natura* e em conserva, em mercados e feiras livres (COSTA; HENZ, 2007). Os frutos têm várias formas e as cores variam de amarela-leitosa, amarela clara ou escura, alaranjada, salmão, vermelha até a preta (REIFSCHNEIDER, 2000).

As pimentas possuem pungência característica (sensação de queimação quando ingeridas), que é devida ao acúmulo de capsaicóides, um grupo de alcalóides exclusivo do gênero *Capsicum*. Sendo que o principal capsaicinoide produzido nas pimentas é a capsaicina (8-metil-N-vanilil-6-nonenamida), Kozukue et al. (2005). Estes são produzidos principalmente durante a formação da placenta do fruto (FUJIWAKEET; SUZUKI; IWAI, 1982). Embora os capsaicinóides não sejam sintetizados nas sementes são transferidos para as sementes quando são extraídas dos frutos (ANCONA-ESCALANTE et al., 2013; FUJIWAKE FUJIWAKEET; SUZUKI; IWAI, 1980).

Os capsaicinóides são metabólitos secundários, Tewksbury et al (2008) relataram que os capsaicinóides protegem os frutos da predação de mamíferos, facilitando a dispersão das sementes, principalmente, pelas aves, causando dessa forma a escarificação natural das sementes e favorecendo a germinação, atuam ainda como antifúngicos. Barchenger e Bosland (2016) observaram que altas concentrações de capsaicina aplicada em sementes modificam a velocidade da germinação e quantidade das sementes que germina.

A qualidade da semente é definida por meio dos parâmetros genético, físico, fisiológico e sanitário e está associada ao genótipo e aos demais fatores de produção das sementes. O estudo da formação das sementes possibilita determinar o momento adequado para a colheita, visando preservar a qualidade das sementes produzidas.

A maturação dos frutos carnosos, como os das pimentas, é desuniforme e há dificuldade para determinar o ponto da colheita, que é um dos fatores que interfere na qualidade das sementes (VIDIGAL et al., 2006; DIAS et al., 2006).

Vidigal et al. (2009) afirmaram que a colheita das sementes no momento adequado minimiza os efeitos da deterioração, causada pela permanência prolongada do fruto na planta, e favorece o rendimento das sementes, visto que a colheita precoce pode aumentar a quantidade de sementes imaturas. Entretanto, Silva et al. (2009) afirmaram que, mesmo antes da formação do fruto das pimentas (alteração da cor verde para vermelha), as sementes estão fisiologicamente maduras, momento em que têm a máxima germinação e o máximo vigor, decorrente da formação completa dos sistemas bioquímico, morfológico e estrutural (NAKADA et al., 2011).

Devido a isso o objetivo desse trabalho foi determinar a associação entre o teor de capsaicina e a qualidade das sementes de pimenta de quatro acessos, colhidas em três estádios de formação do fruto.

9. Material e métodos

9.1. Localização e caracterização da área do experimento

Nessa pesquisa foram avaliadas as plantas e as sementes da pimenta *Capsicum chinense*, que têm variação na pungência como as dos acessos Biquinho, sem pungência, Kharika (IAC-1632) e Olho de peixe (IAC-1580) com nível intermediário e Naga Morich (IAC-1625) com nível superior de pungência, obtidos do banco ativo de germoplasma de *Capsicum* do Departamento de Genética, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP, ESALQ, LGN), Piracicaba, SP.

A produção das mudas e das plantas em campo foi na área experimental do Dep. de Genética e a capsaicina foi determinada no Laboratório de Genética de Bioquímica de Plantas, do mesmo departamento. Os frutos e as sementes foram avaliados nos laboratórios de Análise de Sementes e de Pós Colheita de Plantas Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP, ESALQ, LPV), em Piracicaba, SP.

Para a obtenção das mudas, a semeadura foi realizada no dia 20 de outubro de 2016, em substrato comercial à base de fibra de coco colocado em bandeja de poliestireno expandido, com 128 células. As bandejas foram mantidas em ambiente protegido (14m x 5m) com pé direito de 5 metros, com cobertura de filme de polietileno transparente (150 micras de espessura e protetor contra raios ultravioletas) e com malha termorrefletora e as laterais protegidas com tela de polipropileno branco (30 % de sombreamento).

Para a irrigação foi utilizado o sistema de aspersão, com frequência de três vezes ao dia e com duração de cinco minutos cada. As mudas foram transplantadas no dia 13 de dezembro de 2016, aos 53 dias após a semeadura.

As plantas utilizadas para a obtenção dos frutos foram cultivadas utilizando espaçamento de 50 cm entre plantas e 1,60 m entre linhas, cada linha tinha 12 plantas de cada acesso de pimenta. Os tratos culturais foram realizados como indicado por Raij et al. (1996).

Foram realizadas três colheitas para cada acesso de *C. chinense* com o intervalo de um mês entre cada uma, dias 13 de março, 10 de abril e 08 de maio de 2017 para o genótipo Biquinho, dias 15 de março, 12 de abril e 10 de maio de 2017 para o genótipo Kharika (IAC – 1632), dias 20 de março, 17 de abril e 15 de maio de 2017 para o genótipo Olho de Peixe (IAC – 1580) e dias 22 de março, 19 de abril e 17 de maio de 2017 para o genótipo Naga Morich (IAC – 1625).

O período de condução do experimento em campo foi outubro de 2016 a junho de 2017 e os dados climáticos deste período estão na Figura 1.

Figura 4. Precipitação pluviométrica (em milímetros), média da temperatura máxima (Tmax), média (Tmédia) e mínima (Tmin) em graus Celsius (°C), no período de condução do experimento em campo de outubro de 2016 a junho de 2017.

Em cada colheita, para os quatro acessos de *C.chinense*, os frutos coletados foram classificados visualmente em função das variações do tamanho e da cor. As dimensões foram definidas considerando o tamanho do fruto da cor verde, quando formado, e para classificar quanto ao estágio de maturação foram consideradas as cores verde, intermediária e vermelha; a cor intermediária dos acessos Biquinho e Olho de Peixe foi a laranja e para os acessos Kharica e Naga Morich foi a transição da cor verde para a vermelha, conforme indicado na Tabela 1.

Para cada um dos estágios de maturação dos frutos, foram colhidos 80 frutos de forma aleatória em 12 plantas de cada acesso, separados em quatro repetições para as análises em laboratório.

Após a colheita, as sementes foram retiradas cortando os frutos ao meio com auxílio de uma lâmina. Metade das sementes que foi retirada de cada acesso foi avaliada imediatamente e a outra metade foi lavada em água corrente por 5 minutos com um auxílio de

uma peneira e avaliada após a lavagem. Foram avaliadas as sementes dos 3 estádios de maturação colhidos, sendo estes instalados sem a lavagem e com a lavagem da semente, sendo utilizado quatro repetições. Os tratamentos estão descritos na tabela a seguir (Tabela 14).

Tabela 14. Avaliações do parâmetro fisiológico das sementes de pimenta dos acessos Biquinho, Kharika (IAC-1632), Olho de peixe (IAC-1580) e Naga Morich (IAC-1625).

Tratamentos	
1	Sementes colhidas de frutos de cor verde, sem lavagem da semente
2	Sementes colhidas de frutos de cor verde, com lavagem da semente
3	Sementes colhidas de frutos de cor intermediária, sem lavagem da semente
4	Sementes colhidas de frutos de cor intermediária, com lavagem da semente
5	Sementes colhidas de frutos de cor vermelha, sem lavagem da semente
6	Sementes colhidas de frutos de cor vermelha, com lavagem da semente

Na última colheita, realizada no mês de março, as sementes lavadas e não lavadas provenientes de frutos colhidos com a cor vermelha, de todos os acessos de pimenta, foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a 30°C, até as sementes atingirem o teor de água de 10%, aproximadamente. As sementes foram guardadas em sacos de papel e armazenadas em câmara com 50% de umidade relativa e temperatura de 20°C. Após quatro e seis meses de armazenamento, foram instalados os testes citados a seguir, com exceção do conteúdo de capsaicina das sementes.

9.1. Análises realizadas

9.1.1. Grau de umidade

Duas amostras de 100 sementes, recém extraídas dos frutos, foram pesadas e colocadas em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (base úmida).

9.1.2. Germinação e índice de velocidade de germinação (IVG).

Para estas determinações foram avaliadas quatro repetições de 25 sementes, que foram semeadas em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 3 cm) sobre duas folhas de papel mata-borrão umedecida com água, equivalente a 2,5 o seu peso. As caixas foram mantidas em câmara de germinação, do tipo B.O.D., a 20-30 °C, as avaliações foram diárias até o momento em que estabilizou a germinação das sementes; resultado expresso em porcentagem de plântulas normais. A partir dos resultados foram calculados a germinação (em porcentagem) e o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme descrito por Maguire (1960).

9.1.3. Teste de tetrazólio

No final do teste de germinação das sementes dos quatro acessos de pimenta, as sementes que não germinaram foram avaliadas por meio do teste de tetrazólio (RAS,2009). As sementes foram cortadas longitudinalmente, dividindo a semente bilateralmente pela espessura utilizando uma lâmina, a seguir as sementes foram imersas em 15 mL de solução de 2,3,5 trifetil cloreto de tetrazólio 0,075% a 40 °C, por um período de 3 horas, para serem classificadas como sementes viáveis e não viáveis, conforme o método proposto por Santos (2003).

9.1.4. Comprimento da plântula

Para o comprimento da plântula foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes, semeadas na parte superior do papel de germinação, umedecido com água destilada, o equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados em sacos plásticos transparentes perfurados e mantidos em câmara de germinação, do tipo B.O.D, a 20-30 °C, por 14 dias. Após esse período, as plântulas foram avaliadas quanto aos comprimentos, da parte aérea da plântula e da raiz da plântula, utilizando uma régua graduada. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros, considerando o número de total das sementes colocadas para germinar, como descrito no Manual de Vigor da ISTA (HAMPTON; TEKRONY, 1995).

9.1.5. Massa da matéria seca da plântula

As plântulas utilizadas para a avaliação do comprimento foram utilizadas para determinar a massa da matéria seca. Para tanto, os cotilédones das plântulas foram retirados e, então, as plântulas foram colocadas em sacos de papel e mantidas em estufa, com circulação forçada de ar, a 80°C por 24 horas (KRZYŻANOWSKI et al., 1999). Após a secagem, as

plântulas foram pesadas e o valor obtido foi dividido pelo número de sementes postas para germinar por repetição, sendo os resultados expressos em mg/plântula.

9.1.6. Emergência da plântula e Índice de velocidade de emergência da plântula.

Para estas determinações foram avaliadas quatro repetições de 25 sementes, que foram semeadas em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 3 cm), contendo areia. As irrigações foram realizadas sempre que necessário. As avaliações foram diárias até o momento em que houve a estabilidade da emergência das plântulas. A partir dos resultados foram calculados a emergência da plântula (em porcentagem) e o índice de velocidade de emergência da plântula (IVE), conforme descrito por Maguire (1960).

9.1.7. Determinação do conteúdo de capsaicina

As sementes foram secas por 24 horas a 65°C em estufa, com circulação forçada de ar, conforme indicado por González-Zamora et al. (2015) e depois moídas em um moedor de café, Grano Cadence, modelo MDR302 - 110V, por um minuto até virarem pó.

Para as análises foi obtida a curva de calibração, utilizando como padrão a capsaicina com mais de 95% de pureza, marca Sigma-Aldrich. Para isto a capsaicina foi pesada e dissolvida em acetonitrila até 2,0 mL para obter a solução de reserva de 2mg / mL. A solução de capsacina foi diluída obtendo 6 concentrações da substância padrão, entre 10 a 100 µg/mL. Estas diluições foram digitalizadas utilizando o espectrômetro com o comprimento de onda 280 nm. O conteúdo de capsaicina nas soluções avaliadas foi calculado com base nos valores de absorvância das soluções padrão conhecidas. Para a determinação da quantidade de capsaicina da amostra, a curva apresentou $R^2 = 0,997$.

A capsaicina foi extraída das sementes secas, por meio dos métodos propostos por Al Othman et al (2011) e Parrish (1996), com as seguintes modificações: 0,5 grama de semente seca foi colocado em tubos Falcon de 15 mL e adicionados 5 mL de acetonitrila, aquecidos a 65 °C por 20 minutos sob sonicação, em 35 kHz de frequência. Em seguida, foram centrifugados em 6.000 rpm por 20 minutos.

Os valores da capsaicina de cada amostra foram determinados em um espectrofotômetro UV-Vis, utilizando célula de quartzo de um centímetro. Os extratos de cada amostra foram diluídos em acetonitrila até a até que houvesse a adequação da absorbância ao intervalo linear da curva de calibração do espectrofotômetro. A quantidade de capsaicina foi expressa em mg de capsasina/g semente seca.

9.2. Análise Estatística

Os resultados das avaliações dos quatro acessos foram analisados separadamente. O delineamento experimental foi o fatorial 3x2 (estádio de maturação x lavagem da semente). As médias foram comparadas por meio do teste Tukey, a 5 % de significância. O programa utilizado foi o Assistat Software-Statistical Assistance, versão 7.5 beta (2008).

10. Resultados e discussão

10.1. PIMENTA BIQUINHO

10.1.1. Primeira colheita

Na primeira colheita, as sementes de pimenta biquinho obtidas dos frutos colhidos com a cor verde tinham entre 65,4% e 70,3% de água, as obtidas dos frutos com a cor laranja entre 49,3 % e 52,0 % de água e as obtidas dos frutos com a cor vermelha entre 47,8% e 50,8%, respectivamente para as sementes que não foram lavadas e as lavadas.

Ocorreu redução do teor de água da semente na medida em que houve a formação do fruto. Os resultados das avaliações do grau de umidade das sementes de pimenta possibilitaram identificar a relação entre a variação da água e a formação do fruto e da semente, que dependem das características do genótipo e da composição e estrutura da semente e variam entre 30 a 35% para as sementes de monocotiledôneas e 50 a 55% para as de dicotiledôneas (Bewley & Black,). Assim, as sementes obtidas do fruto colhido verde tinham mais água em comparação à quantidade da água das sementes obtidas dos frutos com as cores intermediária e vermelha, pois de acordo com os resultados das demais análises essas sementes tinham atingido a maturidade fisiológica. Além disso, a lavagem das sementes causou acréscimo de 3% a 5% de água o que, dependendo do ambiente em que as sementes forem mantidas, pode contribuir para ampliar a intensidade de deterioração das sementes.

Nas Regras para a Análise de Sementes (BRASIL, 2009) para o teste de germinação das sementes do pimentão e das pimentas, a primeira contagem e a contagem final para as sementes são aos 7 e aos 14 dias, respectivamente, mas, durante a condução do teste de germinação das pimentas dos quatro acessos, foram necessários 11 dias para caracterizar as primeiras plântulas normais e houve a estabilização da formação da plântula normal somente no vigésimo segundo dia. No período indicado, nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), para a primeira contagem não tinha nenhuma plântula formada, independentemente do estágio de formação das sementes e o valor obtido na contagem final seria inferior se o teste fosse finalizando no momento recomendado neste documento. Nascimento (2014) já havia afirmado, também, que as sementes de algumas espécies de pimenta não germinam após os 14 dias da instalação do teste e sugeriu ampliar, por até 2 meses, o período para a avaliação do teste de germinação.

Desta forma, existe divergências entre o que é sugerido nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados que foram obtidos, é essencial considerar que neste documento tem a descrição geral para todo o gênero *Capsicum*, geralmente as sementes de pimentão (*Capsicum annuum*) e de algumas variedades de pimentas doces, germinam rapidamente em comparação com as sementes de outras espécies de pimenta.

Para as avaliações de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), conteúdo de capsaicina, índice de velocidade de emergência da plântula e comprimento da raiz (Tabela 15) houve variação estatística significativa entre os dois fatores, em função das diferenças entre os estádios de formação do fruto, associados à lavagem.

Tanto para a germinação e como para índice de velocidade de germinação (Tabela 15) os resultados das sementes obtidas dos frutos colhidos com as cores laranja e vermelha foram estatisticamente superiores quando comparados aos resultados das sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor verde; em relação à lavagem das sementes, ocorreu diferença estatística somente para sementes provenientes de frutos com a cor vermelha, em que os resultados das sementes lavadas foram estatisticamente inferiores aos das sementes não lavadas, ocorreu efeito negativo da lavagem na germinação das sementes provenientes de frutos com a cor vermelha.

Quanto ao conteúdo de capsaicina nas sementes (Tabela 15), a quantidade foi estatisticamente superior para as sementes provenientes de frutos com a cor verde, em relação às sementes obtidas dos frutos com a cor vermelha, houve redução do conteúdo de capsaicina no estágio de maturação mais avançado; a lavagem apenas interferiu nos resultados das sementes obtidas dos frutos com a cor laranja e os resultados das sementes lavadas foram estatisticamente inferiores aos das não lavadas.

No que diz respeito ao índice de velocidade de emergência da plântula e ao comprimento da raiz da plântula (Tabela 15), os resultados das sementes colhidas de frutos com a cor vermelha foram estatisticamente superiores aos das demais cores, seguida das obtidas dos frutos de cor laranja e depois das sementes obtidas dos frutos de cor verde; o processo de lavagem das sementes interferiu positivamente no resultado dessas análises para sementes provenientes de frutos com a cor laranja, já que esta foi estatisticamente superior a sementes não lavadas provenientes do fruto com a mesma coloração.

Para os resultados dos testes de emergência da plântula, massa matéria seca da plântula e comprimento da parte aérea da plântula (Tabela 15) não houve diferença estatística entre a interação dos fatores, dessa forma, a lavagem da semente não interferiu nos resultados dos testes, porém foi significativo para os estádios de maturação dos frutos, pois os resultados

das sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha foram estatisticamente superiores aos dos demais estádios de maturação, seguido pelos resultados das sementes obtidas dos frutos de cor laranja e verde, de forma decrescente.

Os resultados das avaliações da emergência da plântula, do índice de velocidade de emergência da plântula, da massa matéria seca da plântula e do comprimento da plântula (parte aérea e raiz), foram favoráveis para as sementes provenientes de frutos de cor vermelha, indicativo de que essas sementes estavam fisiologicamente maduras, e coincide com a menor quantidade de capsaicina. Os resultados da emergência da plântula, da massa da matéria seca e do comprimento da plântula alteraram-se durante a formação da semente, atingindo a maturidade fisiológica, momento em que há também o máximo vigor das sementes.

Tabela 15. Sementes de pimenta, acesso Biquinho – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (março, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 Ba	0 Ba	0	0,00 Ba	0,00 Ba	0,00	5,46 Aba	6,23 Aa	5,85
Laranja	41 Aa	45 Aa	43	0,74 Aa	0,70 Aa	0,72	6,87 Aa	3.14 Bb	5,00
Vermelha	58 Aa	33 Ab	45	1,17 Aa	0,58 Ab	0,88	2,90 Ba	2,26 Ba	2,58
$\bar{X}$	33	26		0,63	0,43		5,08	3,88	
CV (%)	39,56			31,50			5,86		
Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	6	3 C	0,00 ^{ns}	0,09	0,04 C	0,00 ^{ns}	0,02	0,01 C
Laranja	51	40	46 B	0,70	0,46	0,57 B	0,41	0,41	0,41 B
Vermelha	79	84	82 A	1,53	1,58	1,56 A	0,73	0,73	0,73 A
$\bar{X}$	43 ^{ns}	43		0,74 ^{ns}	0,71		0,38 ^{ns}	0,39	
CV (%)	24,66			31,50			28,98		
Comprimento da plântula (cm)									
Cor do fruto	Parte aérea			Raiz					
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$			
Verde	0,00 ^{ns}	0,082	0,04 C	0,00 Ca	0,09 Ca	0,04			
Laranja	1,32	1,49	1,41 B	1,66 Bb	2,49 Ba	2,07			
Vermelha	2,59	2,68	2,63 A	3,34 Aa	3,10 Aa	3,22			
$\bar{X}$	1,30 ^{ns}	1,42		1,67 b	1,89 a				
CV (%)	18,54			13,06					

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.1.2. Segunda colheita

Na segunda colheita, não houve variação do teor de água entre as sementes não lavadas e as lavadas, quando foram obtidas dos frutos com a cor verde, que tinham 70,0 % de água, as sementes obtidas dos frutos com as cores laranja e vermelha, com lavagem tinham respectivamente 53,1% e 57,7% de água e as não lavadas 49,1% e 48,1% respectivamente. Vidigal et al. (2011) consideraram que a avaliação do teor de água das sementes, produzidas nos frutos carnosos, não é um indicador da maturidade fisiológica, como é o caso da pimenta, uma vez que é afetado pelo genótipo e pelas condições ambientais. Contudo é de extrema importância para a compreensão do processo de maturação e dos resultados dos aspectos fisiológicos das sementes.

No teste de germinação das sementes da segunda colheita, as primeiras plântulas surgiram no nono dia após a instalação do teste e as últimas no vigésimo quinto dia, similar ao problema citado para a avaliação deste teste na primeira colheita (Tabela 15), pois o período indicado nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) não foi adequado para a avaliação do teste de germinação.

As sementes remanescentes do teste de germinação foram avaliadas por meio do teste de tetrazólio e apenas 2% das sementes, obtidas dos frutos com a cor vermelha e que não foram lavadas, estavam viáveis, o que significa que, praticamente, as sementes não tinham dormência.

Houve interação entre os fatores avaliados para a determinação do comprimento da parte aérea da plântula (Tabela 16); o resultado das sementes provenientes de frutos com a cor vermelha foi estatisticamente superior, quando comparado ao das sementes com as outras colorações; além disso, a lavagem das sementes afetou negativamente o comprimento da plântula, uma vez que os resultados foram estatisticamente inferiores aos das sementes que não foram lavadas.

Houve redução do conteúdo de capsaicina conforme avançou os estádios de formação do fruto (Tabela 16), visto que as sementes provenientes de frutos com a cor verde apresentaram resultado estatisticamente superior aos demais, similar ao obtido na primeira colheita dos frutos (Tabela 15); contudo foi observada diferença estatística entre as médias dos resultados decorrentes da lavagem das sementes, devido à redução da quantidade de

capsaicina, resultados estatisticamente inferiores aos das sementes não lavadas, para todos os estádios de maturação dos frutos.

Para o restante dos testes ocorreu apenas diferença entre os estádios de formação do fruto (Tabela 16), isso mostra que a lavagem da semente não interferiu nos resultados das análises. Em relação à germinação e ao índice de velocidade de germinação, as sementes provenientes dos frutos com a cor vermelha tiveram resultados superiores, reafirmando que conforme o fruto amadurece há alteração da cor dos frutos e a qualidade das sementes é máxima. Mengarda e Lopes (2012) observaram também para a pimenta malagueta que a velocidade de germinação da semente apresenta relação direta com a idade e formação do fruto, sendo que para as sementes colhidas dos frutos com a cor vermelha os resultados foram superiores aos das sementes obtidas dos frutos com a cor verde, similar ao que Nakata et al (2011) afirmaram em relação à qualidade das sementes em função do momento da colheita dos frutos.

Para as avaliações de emergência da plântula, índice de velocidade de emergência da plântula e comprimento da raiz da plântula (Tabela 16), os resultados das sementes provenientes de frutos com a cor vermelha foram estatisticamente superiores aos das sementes obtidas dos frutos colhidos com as cores laranja e verde que, por sua vez, não diferiram estatisticamente, dessa forma, as avaliações indicaram novamente que as sementes retiradas de frutos com a cor vermelha são vigorosas, o que é um indicativo da maturidade fisiológica.

Os resultados relacionados aos parâmetros fisiológicos das sementes de pimenta retiradas dos frutos com a cor vermelha superaram os resultados das sementes obtidas dos frutos com as outras colorações, isso confirma que na medida em que o fruto amadurece há modificações nas sementes que culminam com a maturidade fisiológica e que coincidem com o menor conteúdo de capsaicina.

Tabela 16. Sementes de pimenta, acesso Biquinho – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha , sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (abril, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	6 ^{ns}	6	6 C	0,10 ^{ns}	0,09	0,09 C	4,50 ^{ns}	4,26	4,38 A
Laranja	64	67	65 B	1,18	1,03	1,11 B	4,01	1,38	2,69 B
Vermelha	80	81	80 A	1,95	1,78	1,87 A	2,71	1,89	2,31 B
	50 ^{ns}	51		1,08 ^{ns}	0,97		3,74 a	2,51 b	
CV (%)	14,11			14,42			21,01		

Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	3 ^{ns}	6	5 B	0,05 ^{ns}	0,10	0,07 B	0,00 ^{ns}	0,03	0,01 B
Laranja	21	11	16 B	0,41	0,17	0,29 B	0,03	0,02	0,03 B
Vermelha	86	78	82 A	2,39	1,88	2,14 A	0,47	0,36	0,41 A
	0,79	0,61		0,95 a	0,72 b		0,17 ^{ns}	0,14	
CV (%)	21,87			26,89			55,86		

Cor do fruto	Comprimento da plântula (cm)					
	Parte aérea			Raiz		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0,00 Ba	0,13 Ba	0,06	0,00 ^{ns}	0,09	0,04 B
Laranja	0,25 Ba	0,06 Ba	0,16	0,20	0,12	0,16 B
Vermelha	2,13 Aa	1,64 Ab	1,89	1,55	1,64	1,60 A
	0,79	0,61		0,58 ^{ns}	0,62	
CV (%)	21,87			23,01		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.1.3. Terceira colheita

Os teores de água das sementes da terceira colheita, foram similares aos obtidos na primeira colheita; as sementes lavadas apresentaram resultados superiores aos da semente sem lavar, 72,5%, 52,8% e 54,7% e 69,4%, 50,6% e 48,3 %, quando extraídas dos frutos colhidos com as cores verde, intermediária e vermelha respectivamente.

No teste de germinação as sementes começaram a germinar no décimo dia após a instalação do teste e estabilizaram no trigésimo segundo dia, na terceira colheita as sementes demoraram mais para germinar. Houve também redução da germinação da segunda colheita

para a terceira (Tabelas 16 e 17), provavelmente o estágio fenológico da planta no campo interferiu na qualidade da semente. Novamente houve divergência entre o período requerido para a avaliação das plântulas no teste de germinação em relação ao que está estabelecido nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), pois a última contagem, aos 14 dias após a instalação do teste, não possibilita avaliar a germinações das sementes de pimenta.

Os resultados da avaliação das sementes, remanescentes no teste de germinação, por meio do teste de tetrazólio foram similares aos obtidos na segunda colheita, com 1% de sementes viáveis para todos os estádios de formação do fruto com as sementes lavadas e 3% para sementes não lavadas e extraídas de frutos colhidos com a cor laranja.

Apenas ocorreu interação entre os dois fatores para a porcentagem de emergência, o índice de velocidade de emergência da plântula e o comprimento da raiz das plântulas (Tabela 17). Os resultados da emergência da plântula, obtidos das sementes extraídas de frutos com as cores laranja e vermelha foram estatisticamente superiores aos resultados das sementes obtidas dos frutos com a cor verde; já, as sementes lavadas e provenientes dos frutos com a cor vermelha foram superiores aos de cor laranja, seguido pela cor verde. A lavagem das sementes influenciou positivamente a qualidade das sementes extraídas dos frutos com a cor vermelha, pois favoreceu a emergência da plântula.

No que se refere aos valores do índice de velocidade de emergência da plântula (Tabela 17), os resultados das sementes obtidas dos frutos de cor vermelha foram satisfatórios, pois foram estatisticamente superiores as demais resultados, seguido pela cor laranja. Ocorreu diferença significativa para a lavagem das sementes, apenas para frutos colhidos com a cor vermelha, houve efeito positivo para sementes submetidas à lavagem e o aumento da velocidade de emergência da plântula, estatisticamente superior ao resultado das sementes não lavadas obtidas do fruto da mesma cor. Segundo Nascimento (1998) o estabelecimento rápido e uniforme das plântulas no campo é requisito importante para alcançar estande adequado. Também foi observada interação significativa entre os fatores para o mesmo teste na primeira colheita (Tabela 16).

No que se refere ao comprimento da raiz das plântulas (Tabela 17), os maiores valores foram encontrados em sementes provenientes de frutos com a cor vermelha, sendo esta cor estatisticamente superior as demais cores dos frutos. A execução da lavagem beneficiou o crescimento da raiz de sementes extraídas de frutos de cor vermelha, pois os resultados das sementes submetidas à lavagem foram estatisticamente superiores ao das não lavadas.

Para os demais testes não foi observado interação significativa entre os fatores (Tabela 17), o mesmo resultado foi observado nas duas colheitas anteriores para os teste da massa matéria seca da plântula (Tabelas 15 e 16), dessa forma a lavagem não interferiu no resultado do teste, similar a primeira colheita para o comprimento da parte área (Tabela 15) e a segunda colheita para os testes de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 16). Contudo ocorreu diferença estatística entre os estádios de formação do fruto, sementes provenientes de frutos com a cor laranja e vermelha foram estatisticamente superiores a cor verde para o teste de germinação e para os testes de IVG, massa da matéria seca de plântulas e comprimento da parte área, sementes de frutos de cor vermelha foi estatisticamente superior as demais cores do fruto.

Para os testes de vigor como os dos índices de velocidade de germinação e de emergência da plântula, da massa da matéria seca da plântula e do comprimento da parte área, resultados satisfatórios foram obtidos com as sementes extraídos dos frutos com a cor vermelha, quando comparadas aos demais resultados. Carvalho e Nakagawa (2012) destacaram que a maturidade fisiológica também pode ser caracterizada como o momento de máximo acúmulo de matéria seca pelas sementes. Porém, em espécies de frutos carnosos, como a pimenta, a máxima qualidade pode não coincidir com o máximo acúmulo de matéria seca (VIDIGAL et al., 2006; PEREIRA et al., 2014; JUSTINO et al., 2015), estando mais relacionada com as alterações da coloração do exocarpo dos frutos (ABUD et al., 2013) e, no caso das sementes do acesso Biquinho, esse momento é quando os frutos estão com a cor vermelha do exocarpo.

No que diz respeito ao conteúdo de capsaicina foi observado valores estatisticamente superiores para sementes de frutos colhidos com a cor verde, o mesmo resultado foi verificado nas duas colheitas anteriores (Tabelas 15 e 16). Dessa forma, para o acesso Biquinho, sementes que estão na sua maturidade fisiológica ou próxima dela, apresentam conteúdo de capsaicina menor quando comparadas a estádios iniciais de desenvolvimento. Pandarir e Sharma (2008) observaram o inverso para a pimenta *Capsicum annuum* onde o conteúdo de capsaicina na semente aumentou conforme avançou o estágio de maturação dos frutos.

Tabela 17. Sementes de pimenta, acesso Biquinho – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha sem e com a realização da lavagem das sementes (SL) e (CL), (Maio, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 B	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 C	3,40 ^{ns}	4,73	4,07 A
Laranja	40	53	46 A	0,41	0,58	0,50 B	2,69	2,63	2,66 B
Vermelha	50	58	54 A	0,82	0,94	0,88 A	1,91	2,11	2,01 B
$\bar{X}$	30 ^{ns}	37		0,41 ^{ns}	0,51		3,16 ^{ns}	2,66	
CV (%)	37,63			37,87			12,66		

Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	1 Ba	0 Ca	1	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B
Laranja	27 Aa	21 Ba	24	0,32 Ba	0,27 Ba	0,29	0,00	0,01	0,01B
Vermelha	36 Ab	78 Aa	57	0,60 Ab	1,37 Aa	0,99	0,19	0,26	0,23 A
$\bar{X}$	21	33		0,31	0,55		0,07 ^{ns}	0,09	
CV (%)	21,74			23,82			55,81		

Cor do fruto	Comprimento da plântula (cm)					
	Parte aérea			Raiz		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0,02 ^{ns}	0,00	0,01 B	0,01 Ba	0,00 Ba	0,00
Laranja	0,06	0,03	0,05 B	0,05 Ba	0,03 Ba	0,04
Vermelha	0,78	0,65	0,71 A	0,60 Ab	1,08 Aa	0,84
$\bar{X}$	0,29 ^{ns}	0,22		0,22 ^{ns}	0,37	
CV (%)	81,45			55,81		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.1.4. Parâmetro fisiológico das sementes durante o armazenamento

O teor de água das sementes de pimenta durante o armazenamento praticamente não variou, sendo 7,2% e 7,3% para sementes sem lavar e 6,9% e 7,0% para sementes lavadas, aos quatro e aos seis meses de armazenamento, respectivamente.

No teste de germinação, referente aos quatro meses de armazenamento, as primeiras plântulas surgiram no oitavo dia após a instalação do teste e a germinação estabilizou no décimo nono dia; aos seis meses as avaliações foram, respectivamente, no décimo dia e no vigésimo segundo dia após a instalação do teste, mesmo após o período de armazenamento as

avaliações ultrapassaram o tempo limite proposto nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Com relação aos resultados do teste de tetrazólio, para sementes não lavadas foram 7% e 0% de sementes viáveis e para as sementes lavadas os valores foram 6% e 5%, respectivamente para as avaliações aos quatro e aos seis meses.

Para as avaliações aos quatro meses de armazenamento, os resultados estatisticamente significativos foram os da germinação e do índice de velocidade de germinação (Tabela 18), ambos superiores para as sementes sem a lavagem. Já, a germinação das sementes que não foram lavadas não variou nos dois períodos de armazenamento, porém para as sementes submetidas à lavagem houve aumento da germinação, 18% aos quatro meses e 56% aos seis meses de armazenamento. Além disso, os resultados do comprimento da plântula, da parte aérea e raiz, foram superiores após os seis meses de armazenamento (Tabela 18). A lavagem da semente não interferiu nos parâmetros fisiológicos das sementes durante o armazenamento, exceto para os resultados do teste de germinação e do índice de velocidade de germinação das sementes armazenadas por 4 meses.

Tabela 18. Sementes de pimenta, acesso Biquinho - Resultados dos testes de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSD; mg) e dos comprimentos da plântula da parte aérea e raiz (cm) de sementes provenientes do estágio de formação do fruto de coloração vermelha, armazenadas por 4 meses (setembro, 2017) e 6 meses (novembro, 2017).

4 meses				
Tratamento	Germinação (%)	IVG	Emergência (%)	IVE
Sem	43 b	0,94 b	52 ^{ns}	1,15 ^{ns}
Com	18 a	0,38 a	56	1,31
CV (%)	43,41	41,89	25,66	25,98
Tratamento	Massa matéria seca da plântula (mg)	Comprimento da plântula (cm)		
		Parte aérea	Raiz	
Sem	0,40 ^{ns}	1,88 ^{ns}	0,81 ^{ns}	
Com	0,40	1,57	0,64	
CV (%)	21,98	24,86	20,30	
6 meses				
Tratamento	Germinação (%)	IVG	Emergência da plântula (%)	IVEP
Sem	71 b	1,07 b	67 ^{ns}	1,37 ^{ns}
Com	81 a	1,32 a	57	1,27
CV (%)	9,12	11,37	24,36	29,26
Tratamento	Massa matéria seca da plântula (mg)	Comprimento da plântula (cm)		
		Parte aérea	Raiz	
Sem	0,45 ^{ns}	3,09 ^{ns}	2,19 ^{ns}	
Com	0,41	2,98	1,83	
CV (%)	30,79	19,79	18,05	

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.2. KHARIKA (IAC-1632)

10.2.1. Primeira colheita

Os resultados do teor de água para a primeira colheita do acesso Kharika foram 68,8% e 62,8% para sementes obtidas dos frutos com a cor verde, 49,5% e 50,9% para as obtidas dos frutos com a cor intermediária (mudança de cor do verde para a vermelha) e 45,9% e 46,7% para as obtidas dos frutos com a cor vermelha, sementes sem lavar e lavadas, respectivamente.

No teste de germinação as plântulas normais foram contabilizadas no décimo dia e no vigésimo sétimo dia após a instalação do teste, quando a germinação das sementes se estabilizou, dessa forma o tempo requerido para a avaliação do teste de germinação superou o previsto nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Houve interação entre os fatores apenas para o índice de velocidade de germinação (IVG), Tabela 19, ocorreu aumento significativo da velocidade de germinação na mudança da cor do fruto de verde para intermediária, para as sementes sem a lavagem; já, para as sementes lavadas houve variação estatística para as sementes obtidas dos frutos independentemente da cor, a cor vermelha foi superior as demais, seguida pela cor laranja. A lavagem das sementes interferiu positivamente nos resultados das sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha, que favoreceu a velocidade de germinação. Assim, a lavagem da semente interferiu na velocidade de germinação para a primeira colheita do genótipo Kharika, além da diferença entre todos os estádios de maturação, a velocidade de germinação foi superior para as sementes lavadas e quando obtidas dos frutos com a cor vermelha, comparado com sementes sem lavar. Barchenger e Bosland (2016) observaram que o aumento da quantidade da capsaicina nas sementes de *C. annuum*, causa redução da velocidade e da porcentagem de germinação. Dessa forma, é possível presumir que a lavagem das sementes de pimenta do acesso Kharika diminuiu a quantidade de capsaicina e acelerou a velocidade de germinação.

Para o restante dos testes não ocorreu interação entre os fatores (Tabela 19), contudo para o teste de germinação e de emergência da plântula, as sementes provenientes de frutos com as cores intermediária e vermelha apresentaram valores estatisticamente superiores aos das obtidas dos frutos com a cor verde. Justino et al (2015) também observaram resultado crescentes em relação à porcentagem de emergência da plântula, conforme avança os estádios de formação do fruto, pois os menores valores foram obtidos das sementes dos frutos colhidos verdes.

No teste de germinação, também houve variação dos resultados em função da lavagem das sementes, pois os resultados das que não foram lavadas foram estatisticamente inferiores aos das sementes lavadas, mesmo sem a interação significativa é possível observar que os resultados foram favorecidos com a lavagem da semente.

Para os testes de índice de velocidade de emergência, massa da matéria seca da plântula e comprimento da parte aérea de raiz (Tabela 19) houve diferenças estatísticas entre as médias em função dos estádios de formação do fruto, os resultados das sementes obtidas dos frutos com a coloração vermelha foram superiores, seguido pelos resultados das sementes obtidas dos frutos com coloração intermediária.

Mesmo que nos testes de germinação e emergência da plântula não ocorreram diferenças estatísticas entre sementes colhidas dos frutos de cor intermediária e vermelha, inclusive há o favorecimento dos resultados relacionados ao vigor das sementes; dessa forma,

os frutos de cor vermelha são os mais indicados para serem colhidos, para a obtenção de sementes com qualidade. A qualidade das sementes é essencial para o sucesso da lavoura (FREITAS et al., 2008).

No que se refere ao conteúdo de capsaicina das sementes, apenas ocorreu diferença estatística para a execução da lavagem (Tabela 19), os resultados das sementes que não foram lavadas foram estatisticamente superiores aos das lavadas, isso mostra que há a eliminação da capsaicina quando as sementes são lavadas.

Tabela 19. Sementes de pimenta, acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (março, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 B	0,00 Ba	0,00 Ca	0,00	9,23 ^{ns}	1,85	5,54 ^{ns}
Intermediário	31	37	34 A	0,48 Aa	0,52 Ba	0,50	6,07	2,43	4,25
Vermelha	34	58	46 A	0,57 Ab	0,96 Aa	0,76	11,70	3,72	7,71
$\bar{X}$	22 b	31 a		0,35	0,49		9,00 a	2,66 b	
CV (%)	37,33			36,84			40,30		

Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	3	2 B	0,00 ^{ns}	0,03	0,01 C	0,00 ^{ns}	0,07	0,03 C
Intermediário	50	46	48 A	0,71	0,62	0,67 B	0,53	0,60	0,57 B
Vermelha	58	64	61 A	1,09	1,24	1,16 A	0,90	0,89	0,89 A
$\bar{X}$	36 ^{ns}	38		0,60 ^{ns}	0,63		0,48 ^{ns}	0,52	
CV (%)	38,29			42,91			18,13		

Cor do fruto	Comprimento da plântula (cm)					
	Parte aérea			Raiz		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0,00 ^{ns}	0,18	0,09 C	0,00 ^{ns}	0,39	0,19 C
Intermediária	1,00	1,36	1,18 B	2,09	3,01	2,55 B
Vermelha	2,35	2,47	2,41 A	3,56	4,44	4,00 A
$\bar{X}$	1,12 ^{ns}	1,34		1,88 b	2,62 a	
CV (%)	26,13			23,22		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.2.2. Segunda colheita

Os teores de água das sementes da primeira colheita comparados aos resultados determinados na segunda colheita, foram superiores para todos os estádios de formação do fruto na segunda colheita, principalmente para a cor verde, sendo os valores de 84,1%, 49,5 % e 55,7% para sementes sem lavar e 82,9%, 58,9% e 50,6% para sementes lavadas obtidas dos frutos colhidos com as cores verde, intermediária e vermelha, respectivamente.

No teste de germinação as primeiras plântulas foram contabilizadas no nono dia após a instalação do teste e estabilizaram no vigésimo quarto dia, houve novamente divergências do que é proposto nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Em relação aos resultados do teste de tetrazólio após o teste de germinação, tinha 1 % de sementes viáveis, tanto para as obtidas dos frutos com a cor intermediária, com ou sem a lavagem das sementes, quanto para as obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha, sem lavagem das sementes.

Não ocorreu interação entre os fatores para os resultados de germinação, massa da matéria seca da plântula, comprimentos da parte aérea e da raiz da plântula e índice de velocidade de germinação (Tabela 20), com exceção do índice de velocidade de germinação, foram observados os mesmos resultados na primeira colheita (Tabela 19), ocorreu diferença entre os estádios de maturação dos frutos, dessa forma o processo de lavagem da semente não interferiu nos resultados destas avaliações.

Para a germinação e o índice de velocidade de germinação (Tabela 20), os resultados das sementes extraídas dos frutos com a cor vermelha foram estatisticamente superiores aos das sementes obtidas dos frutos com a cor intermediária e por último a verde. Já, para a massa da matéria seca e os comprimentos da parte aérea e da raiz da plântula (Tabela 20), houve superioridade para os resultados relacionados às sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha, sem variação estatística significativa para os resultados das sementes provenientes dos frutos com as cores intermediária e verde.

Para o restantes dos testes ocorreu interação entre os fatores em relação ao conteúdo de capsaicina (Tabela 20), para sementes sem a lavagem houve redução do conteúdo de capsaicina conforme o fruto se formou, a menor quantidade correspondeu aos frutos colhidos com a cor vermelha e no qual as sementes tiveram os melhores resultados relacionados aos parâmetros fisiológicos; já, para as sementes lavadas não ocorreu diferença estatística entre os estádios de formação do fruto, entretanto o conteúdo de capsaicina de sementes sem lavar foi estatisticamente superior para todos os estádio de formação do fruto, quando comparadas

com sementes lavadas, dessa forma, há redução da quantidade de capsaicina quando as sementes são lavadas.

Para o teste de emergência da plântula (Tabela 20), o resultado das sementes extraídas dos frutos colhidos com a cor verde foi estatisticamente inferior ao das sementes colhidas dos frutos com as cores intermediária e vermelha, para sementes sem a lavagem, entretanto ocorreu diferença entre todos os estádios de formação do fruto para sementes lavadas, onde a cor vermelha foi superior as demais. A lavagem interferiu negativamente na emergência da plântula, quando as sementes foram obtidas dos frutos com a cor intermediária.

Quanto ao índice de velocidade de emergência da plântula (Tabela 20), para as sementes sem lavar o resultado foi similar ao obtido para os estádios de formação do fruto do teste de emergência (Tabela 20), porém para as sementes submetidas a lavagem, observou que as provenientes de frutos com a cor vermelha foram estatisticamente superiores as demais que por sua vez não apresentaram diferença estatística entre elas; a execução da lavagem interferiu no resultado para sementes de frutos de cor vermelha, sementes sem lavar foram estatisticamente inferiores as lavadas, dessa forma houve novamente resultado positivo da lavagem da sementes extraídas em estádios de formação do fruto mais avançado.

Tabela 20. Sementes de pimenta, acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (abril, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 C	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 C	12,67 Aa	3,37 Ab	7,99
Intermediária	22	27	25 B	0,31	0,40	0,36 B	10,00 Ba	4,15 Ab	7,07
Vermelha	43	54	48 A	0,91	1,22	1,06 A	9,97 Ba	3,31 Ab	6,67
$\bar{X}$	22 ^{ns}	27		0,41 ^{ns}	0,54		0,16 ^{ns}	0,13	
CV (%)	26,70			28,08			9,89		

Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	2 Ba	1 Ca	2	0,02 Ba	0,01 Ba	0,02	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B
Intermediária	42 Aa	25 Bb	34	0,65 Aa	0,36 Ba	0,51	0,08	0,05	0,06 B
Vermelha	42 Aa	57 Aa	50	0,92 Ab	1,38 Aa	1,15	0,39	0,33	0,36 A
$\bar{X}$	29	28		0,53	0,59		0,16 ^{ns}	0,13	
CV (%)	38,95			40,76			82,22		

Cor do fruto	Comprimento da plântula (cm)					
	Parte aérea			Raiz		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B	0,01 ^{ns}	0,05	0,03 B
Intermediária	0,17	0,11	0,14 B	0,41	0,21	0,31 B
Vermelha	1,14	0,92	1,03 A	1,57	1,25	1,41 A
$\bar{X}$	0,43 ^{ns}	0,34		0,66 ^{ns}	0,50	
CV (%)	86,91			87,48		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.2.3. Terceira colheita

Na última colheita, o teor de água das sementes extraídas de frutos com a cor vermelha e sem a lavagem foi inferior ao das outras colheitas, 21,1%, e as sementes lavadas tinham 43,5%, para as sementes obtidas dos frutos com as outras duas colorações os teores de água das sementes lavadas e não lavadas foram 72,3% e 70,9% dos frutos de cor verde e 62,7% e 66,5% para os de cor intermediária (mudança da cor de verde para a vermelha).

Nesta última colheita as primeiras plântulas foram contabilizadas no nono dia após a instalação do teste de germinação e o teste foi finalizado no vigésimo dia, mais uma vez ocorreu divergência em relação ao estabelecido nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Em relação ao teste de tetrazólio, as sementes extraídas dos frutos com a cor intermediária, apresentaram valores estatisticamente superiores de sementes viáveis no final do teste de germinação, sendo 5% para sementes sem lavar e 16% para sementes lavadas, e para as sementes lavadas e provenientes dos frutos com a cor vermelha tinha 4% de sementes viáveis e o restante não tinha semente viável.

Houve interação entre os fatores para o conteúdo de capsaicina da semente, porcentagem de emergência da plântula e índice de velocidade de emergência (Tabela 21), similar ao para as análises da segunda colheita (Tabela 20). Para as sementes que não foram lavadas houve redução do conteúdo de capsaicina conforme os frutos amadureceram, a menor quantidade foi nas sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha, sem variação estatística entre os resultados das sementes obtidas dos frutos com as duas outras colorações. Já, o resultado das sementes lavadas e obtidas dos frutos com a cor intermediária foi estatisticamente superior ao das sementes obtidas dos frutos com as demais colorações. Os resultados das sementes lavadas, independentemente do estágio de formação do fruto, foram estatisticamente inferiores comparado aos das sementes sem lavar, novamente foi constatada a redução da quantidade de capsaicina quando as sementes são lavadas, como observado em todas as colheitas anteriores (Tabelas 19 e 20).

No que se refere à porcentagem de emergência da plântula (Tabela 21), os resultados das sementes provenientes de frutos com a cor vermelha superaram os demais. Para as sementes provenientes dos frutos com a cor vermelha a lavagem das sementes foi benéfica, justificando a redução da emergência da plântula em função da quantidade maior de capsaicina das sementes não lavadas. A justificativa, porque este resultado não foi similar para as sementes obtidas dos frutos colhidos nos outros dois estágios de formação, é que essas sementes não atingiram o desenvolvimento que proporcione o mesmo potencial de germinação da semente e de emergência da plântula das sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha.

Quanto ao índice de velocidade de emergência da plântula (Tabela 21), os resultados das sementes extraídas de fruto com a cor verde foi estatisticamente inferior aos das sementes obtidas dos frutos com as cores intermediária e vermelha, para as sementes sem a lavagem. Já, o resultado das sementes lavadas, obtidas dos frutos com a cor vermelha, foi estatisticamente superior aos demais resultados. Ocorreu efeito positivo da lavagem das

sementes extraídas de frutos com a cor vermelha, que apresentaram resultado estatisticamente superior ao das não lavadas, pois a lavagem aumentou a porcentagem e a velocidade de emergência da plântula.

A lavagem das sementes não interferiu nos resultados do teste de germinação, do índice de velocidade de germinação, da massa da matéria seca da plântula e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (Tabela 21), também observado para as duas colheitas anteriores (Tabelas 19 e 20), com exceção do índice de velocidade cujo resultado foi similar somente ao da segunda colheita (Tabela 20). Houve variação estatística significativa para os resultados relacionados aos estádios de formação do fruto, indicando a qualidade superior das sementes, obtidas dos frutos com a cor vermelha, em relação às obtidas dos frutos com as colorações intermediária e verde, cujos resultados foram estatisticamente similares.

Dessa forma, para a produção de sementes de pimenta, o ideal é a colheita dos frutos com a cor vermelha, pois correspondem às sementes que têm a qualidade máxima, em termos do parâmetro fisiológico. Os principais parâmetros utilizados para a identificação da maturidade fisiológica das sementes em populações de plantas, bem como, o ponto ideal para a colheita, são a idade e a coloração dos frutos. Essa alteração de coloração pode ser um indicativo do ponto de maturidade fisiológica das sementes, onde, geralmente, são observados os níveis máximos de germinação e vigor e mínimos de deterioração (Nascimento et al., 2006).

Tabela 21. Sementes de pimenta, acesso Kharika (IAC-1632) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (maio, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 B	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B	17,61 Aa	4,55 Bb	11,08
Intermediário	0	0	0 B	0,00	0,00	0,00 B	18,95 Aa	12,99 Ab	15,97
Vermelha	41	52	47 A	0,81	1,17	0,99 A	10,50 Ba	3,95 Bb	7,23
$\bar{X}$	14 ^{ns}	18		0,27 ^{ns}	0,39		15,69	7,16	
CV (%)	57,30			59,26			10,85		

Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	7 Ba	4 Ba	6	0,08	0,05	0,07 B	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B
Intermediário	2 Ba	3 Ba	3	0,02	0,03	0,02 B	0,02	0,01	0,01 B
Vermelha	25 Ab	48 Aa	37	0,49	0,84	0,66 A	0,50	0,44	0,47 A
$\bar{X}$	11	18		0,19	0,31		0,17 ^{ns}	0,15	
CV (%)	58,69			66,75			36,20		

Cor do fruto	Comprimento da plântula (cm)					
	Parte aérea			Raiz		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B	0,01 ^{ns}	0,01	0,01 B
Intermediária	0,02	0,02	0,02 B	0,11	0,01	0,06 B
Vermelha	1,15	1,07	1,11 A	0,95	0,83	0,89 A
$\bar{X}$	0,39 ^{ns}	0,36		0,35 ^{ns}	0,28	
CV (%)	39,95			35,26		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.2.4. Aspectos fisiológicos das sementes durante o armazenamento

O teor de semente durante o armazenamento foi de 8,5% para sementes sem lavar e 7,9% para as lavadas, praticamente não há variação entre esses resultados.

No teste de germinação, houve possibilidade de avaliar as plântulas no nono dia e finalizar a avaliação no décimo quarto dia, sendo esse período mais curto que o observado para as sementes recém colhidas, contudo a porcentagem de sementes viáveis após o encerramento do teste de germinação foi de 19%, superior aos valores obtidos anteriormente para as sementes sem a lavagem, e 9% para as que foram lavadas.

A avaliação das sementes do acesso Kharika foi possível até os quatro meses, devido à redução da qualidade dessas sementes, conforme pode ser verificado pelos resultados da Tabela 22, que, por sua vez, indicaram que houve somente variação estatística significativa para o resultado da emergência da plântula, quando as sementes foram lavadas.

Tabela 22. Sementes de pimenta, acesso Kharika (IAC-1632) - Resultados dos testes de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da plântula da parte aérea e raiz (cm) de sementes provenientes do estágio de formação do fruto de coloração vermelha, armazenadas por 4 meses (setembro, 2017).

Tratamento	Germinação (%)	IVG	Emergência da plântula (%)	IVEP
Sem	2 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0 b	0,00 ^{ns}
Com	2	0,05	5 a	0,11
CV (%)	115,47	117,70	108,32	108,42
Tratamento	Massa matéria seca da plântula (mg)	Comprimento da plântula (cm)		
		Parte aérea	Raiz	
Sem	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	
Com	0,06	0,20	0,07	
CV (%)	154,25	149,35	149,08	

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.3. OLHO DE PEIXE (IAC-1580)

10.3.1. Primeira colheita

Os teores de água das sementes, da primeira colheita dos frutos para o acesso Olho de Peixe, foram 65,1%, 43,4% e 38,7% para as sementes que não foram lavadas e 61,5%, 46,1% e 43,0% para as lavadas, referentes às sementes obtidas dos frutos colhidos com as cores verde, laranja e vermelha, respectivamente. Os teores de água das sementes foram inferiores aos das sementes dos demais acessos, principalmente o teor de água das sementes colhidas dos frutos com a cor vermelha.

No teste de germinação as primeiras plântulas normais foram contabilizadas no décimo primeiro dia e estabilizaram no vigésimo oitavo dia após a instalação do teste, novamente foi extrapolado o período de duração do teste proposto nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Ocorreu interação entre os fatores, somente para o comprimento da raiz das plântulas (Tabela 23), houve diferença entre todos os estágios de maturação, o resultado das sementes extraídas dos frutos com a cor vermelha foi estatisticamente superior ao das demais

colorações, seguida pela cor laranja e por último a verde. A lavagem das sementes beneficiou o comprimento da raiz, quando as sementes foram obtidas dos frutos colhidos com a cor laranja. Nesse sentido, Noguchi; Tanaka (2003) e Siddiqui; Zaman (2005) constataram que a capsaicina reduz o crescimento de raízes e rebentos ou suprime a germinação das sementes de várias espécies de plantas; assim, a lavagem das sementes, ao reduzir a quantidade de capsaicina, pode favorecer o crescimento das raízes das plântulas.

A quantidade da capsaicina foi menor para as sementes provenientes dos frutos com a cor laranja, em relação aos frutos colhidos com as outras cores (Tabela 23) e a lavagem das sementes causou redução significativa da quantidade de capsaicina. Essa redução do conteúdo de capsaicina das sementes obtidas dos frutos com a cor laranja, pode ter sido influenciada pela interação genótipo-ambiente, qualquer estresse para a planta pode alterar a pungência dos frutos (BOSLAND; VOTAVA, 1999; RIBEIRO; REIFSCHNEIDER, 2008; BORGES-GOMÉZ et al., 2010).

Para os restantes dos testes, houve diferença estatística entre os estádios de formação do fruto (Tabela 23), sem interferência da lavagem das sementes nos demais resultados.

No que se diz respeito ao teste porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, massa matéria seca da plântula e comprimento da parte aérea da plântula, ocorreu diferença estatística entre as colorações dos frutos, sementes obtidas dos frutos com a cor vermelha apresentaram os melhores resultados, seguido pela cor laranja e por último a verde, dessa forma, sementes extraídas de frutos com a cor vermelha tinham qualidade superior, cor ideal do fruto para a colheita, visando à produção de sementes .

Tabela 23. Sementes de pimenta, acesso olho de peixe (IAC-1580) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (março, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 C	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 C	4,16 ^{ns}	5,17	4,66 A
Laranja	42	29	35 B	0,55	0,35	0,45 B	2,97	0,90	1,93 B
Vermelha	59	66	62 A	1,03	1,09	1,06 A	6,23	2,52	4,38 A
$\bar{X}$	34 ^{ns}	31		0,52 ^{ns}	0,48		4,45 a	2,86 b	
CV (%)	24,74			23,88			30,39		

Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	1 ^{ns}	1	1 C	0,01 ^{ns}	0,01	0,01 C	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 C
Laranja	36	37	37 B	0,45	0,45	0,45 B	0,22	0,32	0,27 B
Vermelha	59	68	63 A	0,93	1,10	1,02 A	0,59	0,56	0,57 A
$\bar{X}$	32 ^{ns}	35		0,46 ^{ns}	0,52		0,27 ^{ns}	0,29	
CV (%)	21,14			25,82			17,83		

Comprimento da plântula (cm)						
Cor do fruto	Parte aérea			Raiz		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 C	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00
Laranja	0,50	0,82	0,66 B	1,06 Bb	1,54 Ba	1,30
Vermelha	1,52	1,64	1,58 A	2,64 Aa	2,38 Aa	2,51
$\bar{X}$	0,67 b	0,82 a		1,23	1,31	
CV (%)	17,45			20,25		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.3.2. Segunda colheita

Os teores de água das sementes foram 63,8% e 73,9%, para as obtidas dos frutos colhidos com a cor verde, 49,1% e 52,3%, para as obtidas dos frutos com a cor intermediária e 43,3 % e 48,4 % para as obtidas dos frutos com a cor vermelha, para as sementes lavadas e as não lavadas lavadas, respectivamente; os valores reduziram-se na medida em que houve a maturação dos frutos.

Para a segunda colheita, as primeiras plântulas do teste de germinação foram contabilizadas no décimo primeiro dia e as da avaliação final no vigésimo primeiro dia após a

instalação do teste e, novamente, houve divergência em relação ao proposto nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Em relação aos resultados do teste de tetrazólio no final do teste de germinação (Tabela 24) foram obtidas 10% e 13% de sementes viáveis obtidas dos frutos colhidos com cor laranja e 4% e 3% das obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha, respectivamente para as sementes sem lavar e lavada; não havia sementes viáveis quando os frutos foram colhidos com a cor verde.

Apenas ocorreu interação entre os fatores, para o comprimento da parte aérea da plântula (Tabela 24), o resultado das sementes obtidas dos frutos com a cor verde foi estatisticamente inferior aos das obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha. A lavagem interferiu positivamente no comprimento das plântulas originadas das sementes provenientes dos frutos com a cor vermelha. Existem relatos de potenciais efeitos alelopáticos a partir de lixiviados de pimenta, influenciando o crescimento das plântulas de outras espécies (CHO et al., 1992; GONZÁLEZ et al., 1997), com isso é possível que a redução da capsaicina, devido à lavagem das sementes, beneficiou o crescimento da parte aérea da plântula desta colheita.

Já, para o restante dos testes, não ocorreu interação entre os fatores, para porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, porcentagem de emergência da plântula, índice de velocidade de emergência da plântula, massa matéria seca da plântula e comprimento da raiz da plântula (Tabela 24), sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha apresentaram os melhores resultados, estatisticamente superiores aos demais. O comprimento da raiz das plântulas foi beneficiado pela lavagem das sementes.

O conteúdo de capsaicina (Tabela 24) das sementes dos frutos colhidos com a cor verde foi estatisticamente superior em relação ao das sementes obtidas dos frutos com a cor vermelha, isso evidencia que o conteúdo de capsaicina diminui conforme o fruto amadurece. A lavagem das sementes reduziu a quantidade de capsaicina, como observado para os resultados em que as sementes foram lavadas.

Tabela 24. Sementes de pimenta, acesso olho de peixe (IAC-1580) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (abril, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 B	0,00 ^{ns}	0	0,00 B	7,06 ^{ns}	2,87	4,97 A
Laranja	6	3	5 B	0,07	0,03	0,05 B	5,24	1,28	4,09 AB
Vermelha	36	35	35 A	0,58	0,56	0,57 A	6,32	1,86	3,26 B
$\bar{X}$	14 ^{ns}	13		0,21 ^{ns}	0,19		6,21 A	2,00 B	
CV (%)	35,76			25,76			14,51		

Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 B	0,00 ^{ns}	0	0,00 B	0,00 ^{ns}	0	0,00 B
Laranja	5	6	6 B	0,07	0,07	0,07 B	0,09	0,09	0,09 B
Vermelha	39	44	41 A	0,6	0,64	0,62 A	0,26	0,30	0,28 A
$\bar{X}$	15 ^{ns}	17		0,22 ^{ns}	0,24		0,12 ^{ns}	0,13	
CV (%)	63,83			74,37			60,99		

Comprimento da plântula (cm)						
Cor do fruto	Parte aérea			Raiz		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0,00 Ba	0,00 Ba	0	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B
Laranja	0,08 Aba	0,20 Ba	0,14	0,10	0,35	0,23 B
Vermelha	0,33 Ab	0,97 Aa	0,65	0,78	1,11	0,95 A
$\bar{X}$	0,14	0,14		0,29 b	0,49 a	
CV (%)	51,85			56,21		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.3.3. Terceira colheita

Os teores de água das sementes na última colheita, que não foram lavadas e foram obtidas dos frutos com as cores, verde, laranja e vermelha foram 65,2%, 59,4% e 52,0% respectivamente, já, para as sementes lavadas foram de 59,0% para as obtidas dos frutos com as cores verde e laranja e 57,5% para as sementes dos frutos com a cor vermelha.

Na última colheita as primeiras plântulas do teste de germinação foram contabilizadas no décimo segundo dia e a ultima avaliação foi no décimo nono dia, essa redução do tempo de germinação das sementes, quando comparado com o obtido nas duas

colheitas anteriores, pode ser consequência da limitação da germinação dessas sementes (Tabela 25).

Em relação ao teste de tetrazólio, avaliado no final do teste de germinação, foram obtidas 7% e 2% de sementes viáveis, para as sementes extraídas dos frutos com a cor laranja, sem lavagem e lavadas respectivamente, e 2% e 3% para sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha, sem lavagem e lavadas respectivamente.

Não ocorreu interação entre os fatores para as demais avaliações (Tabela 25). Para os resultados de porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, porcentagem de emergência e índice de velocidade de emergência (Tabela 25), a qualidade das sementes obtidas dos frutos com a cor vermelha foi estaticamente superior a das sementes obtidas dos frutos com as cores laranja e verde; considerando os resultados da germinação e da emergência da plântula, os valores obtidos foram inferiores aos das colheitas anteriores (Tabelas 23 e 24).

A qualidade das sementes obtidas do fruto com a cor vermelha foi estatisticamente superior a das extraídas dos frutos com as demais cores que, por sua vez, não apresentaram diferença estatística para a massa da matéria seca da plântula e os comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (Tabela 25).

Houve redução da quantidade de capsaicina, em função da lavagem das sementes (Tabela 25). No entanto, não houve interferência da lavagem da semente nos resultados da germinação, do índice de velocidade de germinação, da emergência da plântula, do índice de velocidade de emergência da plântula e da massa da matéria seca da plântula, para o acesso Olho de Peixe.

É possível afirmar também que o estágio ideal de formação do fruto, para a colheita das sementes de pimenta desse acesso, é o que corresponde aos frutos de cor vermelha.

Tabela 25. Sementes de pimenta, acesso olho de peixe (IAC-1580) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (maio, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 B	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B	8,43 ^{ns}	4,68	6,55
Laranja	2	4	3 AB	0,03	0,06	0,04 AB	10,58	4,99	7,79
Vermelha	4	7	5 B	0,07	0,12	0,10 A	9,37	4,45	6,91
$\bar{X}$	2 ^{ns}	4		0,03 ^{ns}	0,06		9,46 a	4,71 b	
CV (%)	92,64			23,88			5,86		

Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 B	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B
Laranja	1	3	2 AB	0,01	0,04	0,02 AB	0,01	0,00	0,01 B
Vermelha	4	5	5 A	0,05	0,06	0,05 A	0,07	0,03	0,05 A
$\bar{X}$	2 ^{ns}	3		0,02 ^{ns}	0,03		0,03 ^{ns}	0,01	
CV (%)	139,31			136,91			131,06		

Cor do fruto	Parte aérea			Raiz		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 B	0,00 ^{ns}	0	0,00 B
Laranja	0,03	0,02	0,03 B	0,08	0,03	0,05 B
Vermelha	0,25	0,14	0,20 A	0,38	0,13	0,25 A
$\bar{X}$	0,09 ^{ns}	0,05		0,15	0,05	
CV (%)	127,9			133,38		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.3.4. Parâmetro fisiológico das sementes durante o armazenamento

O teor de água das sementes durante o armazenamento foi de 8,0% para sementes sem lavar e lavadas.

As sementes do acesso Olho de peixe, não mantiveram a qualidade durante o armazenamento, os resultados da germinação da semente e da emergência da plântula foram inferiores a 10 % e não ocorreu diferença significativa entre sementes lavadas e não lavadas, a lavagem das sementes de pimenta não interferiu na conservação das mesmas durante o armazenamento. No teste de germinação as primeiras plântulas normais foram contabilizadas

no nono dia e estabilizaram no decimo terceiro dia. Em função dos resultados do teste de tetrazólio, avaliado no final do teste de germinação, 1 % das sementes sem a lavagem e 6% das sementes lavadas, estavam viáveis.

Tabela 26. Sementes de pimenta, acesso Olho de peixe (IAC-1580) - Resultados dos testes de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), da massa da matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da plântula da parte aérea e raiz (cm) de sementes provenientes do estágio de formação do fruto de coloração vermelha, armazenadas por 4 meses (setembro, 2017)

Tratamento	Germinação (%)	IVG	Emergência da plântula (%)	IVEP
Sem	7 ^{ns}	0,15 ^{ns}	2 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Com	5	0,11	4	0,10
CV (%)	63,83	70,60	144,02	141,77
Tratamento	Massa matéria seca da plântula (mg)	Comprimento da plântula (cm)		
		Parte aérea	Raiz	
Sem	0,06 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,14 ^{ns}	
Com	0,09	0,31	0,06	
CV (%)	68,66	81,96	102,24	

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.4. NAGA MORICH (IAC-1625)

10.4.1. Primeira colheita

As sementes de pimenta da primeira colheita tinham 69,3%, 64,4% e 59,7 % de água e as sementes que foram previamente lavadas tinham 73,0%, 64,4% e 62,0% de água, quando os frutos foram colhidos com as cores verde, intermediária e vermelha respectivamente, nos frutos colhidos nos estádios intermediária (transição da cor de verde para a vermelha) e vermelha o teor de água foi superior, quando comparado aos acessos anteriores.

No teste de germinação as primeiras plântulas foram contabilizadas no décimo segundo dia e no vigésimo sétimo dia, novamente ocorreu diferença no tempo de germinação quando comparado ao sugerido nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Para esse acesso as sementes demoraram mais tempo para estabilizar a germinação do que nos acessos anteriores.

Ocorreu interação entre os fatores, para os resultados da germinação, do índice de velocidade de germinação, do conteúdo de capsaicina e do comprimento da raiz da plântula (Tabela 27).

Para o teste de germinação e o índice de velocidade de germinação (Tabela 27) os resultados referentes às sementes obtidas dos frutos com a cor vermelha foram estatisticamente superiores aos das sementes obtidas dos frutos com as cores intermediária e verde; já, para as sementes lavadas a qualidade das sementes originadas do fruto com a cor verde foi estatisticamente inferior ao das colhidas dos frutos com as cores intermediária e vermelha, que não diferiram estatisticamente. Em relação à interferência da lavagem da semente, a germinação e o índice de velocidade de germinação das sementes, originadas do fruto com a cor intermediária, foram estatisticamente inferiores às sementes lavadas; para os frutos de cor vermelha foi observado o contrário, os resultados da germinação e do índice de velocidade de germinação das sementes sem lavar foram estatisticamente superiores aos das sementes lavadas.

Em relação ao conteúdo de capsaicina (Tabela 27), ocorreu acréscimo na medida em que o fruto amadureceu, sementes obtidas de frutos colhidos nas cores intermediária e vermelha foram estatisticamente superiores aos colhidos com a cor verde; o conteúdo da capsaicina foi estatisticamente inferior, independentemente do estágio de maturação das sementes previamente lavadas, assim, o conteúdo de capsaicina aumenta conforme há a formação do fruto, isso não foi observado para os outros acessos de pimenta, houve também redução do conteúdo de capsaicina decorrente da lavagem da semente.

Houve diferença em relação ao comprimento da raiz da plântula entre todos os estádios de formação do fruto (Tabela 27), o resultado das sementes extraídas dos frutos com a cor vermelha foi estatisticamente superior e o resultado das obtidas dos frutos colhidos com a cor intermediária, não teve variação decorrente da lavagem da semente.

Para os restantes dos testes não ocorreu interação entre os fatores (Tabela 27), porém ocorreu diferença entre as médias dos estádios de maturação. Quanto aos resultados da emergência da plântula e do índice de velocidade de emergência da plântula, os das sementes de frutos com as cores intermediária e vermelha foram estatisticamente superiores aos da cor verde. Já, para a massa da matéria seca da plântula e o comprimento da parte aérea (Tabela 27), ocorreu diferença entre todos os resultados relacionados aos estádios de formação do fruto, sendo que os de cor vermelha foram estatisticamente superiores, seguidos pelos resultados dos frutos com as cores intermediária e verde, com o resultados apresentados anteriormente é observado que sementes extraídas de frutos com a cor vermelha apresentam maior vigor, sendo essa coloração a qual é indicada para a colheita de qualidade, nessa coloração também foi encontrado o seu maior conteúdo de capsaicina. Long-Solis, (1998), afirmou que os frutos de pimenta colhidos maduros têm o máximo conteúdo de capsaicina,

que é relacionado também com a cor do fruto. Dessa forma, é possível afirmar que para os frutos colhidos com a cor vermelha, correspondentes à primeira colheita, as sementes estavam na maturidade fisiológica ou próximos dela, sendo esse momento onde a semente apresentou o seu maior conteúdo de capsaicina, nesse caso a cor do fruto está relacionada tanto com os aspectos fisiológicos da semente e seu conteúdo máximo de capsaicina.

Tabela 27. Sementes de pimenta, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (março, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 Ba	0 Ba	0	0, 00Ba	0, 00 Ba	0,00	16,30 Ba	2,52 Bb	9,41
Intermediária	8 Bb	29 Aa	18	0,09 Bb	0,34 Aa	0,21	23,55 Aa	14,67 Ab	19,11
Vermelha	43 Aa	26 Ab	34	0,57 Aa	0,33 Ab	0,45	29,81 Aa	9,93 Ab	19,87
$\bar{X}$	17	18		0,22	0,22		23,22	9,04	
CV (%)	32,24			42,4			13,17		
Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	0 ^{ns}	0	0 B	0,00 ^{ns}	0	0,00 B	0,00 ^{ns}	0,05	0,02 C
Intermediária	52	59	56 A	0,71	0,79	0,75 A	0,16	0,18	0,17 B
Vermelha	62	55	58 A	1,00	0,82	0,91 A	0,28	0,33	0,31 A
$\bar{X}$	38 ^{ns}	38		0,57 ^{ns}	0,54		0,15 ^{ns}	0,18	
CV (%)	38,8			45,56			42,79		
Comprimento da plântula (cm)									
Cor do fruto	Parte aérea			Raiz					
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$			
Verde	0,00 ^{ns}	0,06	0,03 C	0,00 Ca	0,09 Ca	0,04			
Intermediária	0,29	0,43	0,36 B	0,52 Ba	0,64 Ba	0,58			
Vermelha	0,73	0,75	0,74 A	1,00 Aa	1,14 Aa	1,07			
$\bar{X}$	0,34 ^{ns}	0,41		0,5	0,62				
CV (%)	39,99			46,52					

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.4.2. Segunda colheita

Os teores de água das sementes que não foram lavadas foram 62,6%, 59,5% e 56,7% obtidas, respectivamente, dos frutos colhidos com as cores verde, intermediária e vermelha e

as sementes lavadas tinham 71,0% para as obtidas dos frutos colhidos com a cor verde e 59,5% para as obtidas dos frutos colhidos com as cores intermediária e vermelha.

No teste de germinação as primeiras plântulas foram contabilizadas no décimo quarto dia e no trigésimo quarto dia após a instalação do mesmo, diferente do indicado nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Freitas et al. (2008) afirmaram que a germinação das sementes de pimentas é lenta e desuniforme, mesmo em condições ótimas de umidade, temperatura e oxigênio. Em relação ao teste de tetrazólio apenas 1% de sementes sem a realização da lavagem, 2% para sementes lavadas com a cor intermediária e 1% de sementes lavadas de cor vermelha, estavam viáveis no final do teste de germinação.

Ocorreu interação entre os fatores, para o conteúdo de capsaicina, porcentagem de emergência e índice de velocidade de emergência da plântula (Tabela 28).

Para o conteúdo de capsaicina (Tabela 28), o resultado das sementes que não foram lavadas e extraídas de frutos com a cor vermelha, superou estatisticamente os demais resultados; dessa forma novamente foi observado acréscimo no conteúdo de capsaicina da semente, conforme avança o estágio de formação do fruto, similar ao obtido na primeira colheita (Tabela 27), quanto às sementes lavadas não houve variação estatística entre os estágios de formação do fruto, porém a lavagem da semente reduz a quantidade de capsaicina.

Em relação à emergência da plântula e ao índice de velocidade de emergência da plântula (Tabela 28), ocorreu diferença entre todos os estágios de formação do fruto, havendo acréscimo do valor conforme o fruto amadurece. Para as sementes obtidas dos frutos com a cor intermediária e que foram lavadas houve aumento emergência da plântula e da velocidade de emergência da plântula.

Para as demais avaliações não ocorreu interação entre os fatores, mas houve variação entre os resultados relacionados aos estágios de maturação dos frutos (Tabela 28), dessa forma, a lavagem das sementes não interferiu nos resultados, similar ao obtido na primeira colheita, para a massa da matéria seca da plântula e o comprimento da parte aérea (Tabela 27).

Os resultados de germinação, índice de velocidade de germinação, massa da matéria seca da plântula e comprimento da parte aérea e raiz da plântula (Tabela 28), foram diferentes para todos os estágios de formação do fruto, sementes provenientes de frutos com a cor vermelha foram estatisticamente superiores aos das demais colorações. Novamente os resultados foram superiores para as sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha e o conteúdo de capsaicina nas sementes era máximo nesse momento. É de extrema importância que as sementes atinjam o seu máximo potencial fisiológico, Dias et al (2006)

afirmaram que o conhecimento do processo de maturação, assim como, da época de ideal de colheita é importante para a obtenção de sementes de alto desempenho.

Tabela 28. Sementes de pimenta, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (abril, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	1 ^{ns}	1	1 C	0,00 ^{ns}	0,00	0,00 C	13,30 Ba	3,34 Ab	8,32
Intermediária	41	48	45 B	0,41	0,46	0,43 B	10,96 Ba	3,97 Ab	7,46
Vermelha	69	63	66 A	0,84	0,79	0,82 A	17,31 Aa	4,81 Ab	11,06
$\bar{X}$	37 ^{ns}	37		42 ^{ns}	42		13,86	4,04	
CV (%)	22,08			23,16			11,03		
Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	3 Ca	1 Ca	2	0,03 Ca	0,01 Ca	0,02	0,01 ^{ns}	0,11	0,06 C
Intermediária	31 Bb	69 Ba	50	0,34 Bb	0,76 Ba	0,55	0,43	0,34	0,38 B
Vermelha	93 Aa	91 AA	92	1,22 Aa	1,23 Aa	1,23	0,69	0,59	0,64 A
$\bar{X}$	42	54		0,53	0,67		0,38 ^{ns}	0,35	
CV (%)	25,19			21,62			37,98		
Comprimento da plântula (cm)									
Cor do fruto	Parte aérea			Raiz					
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$			
Verde	0,03 ^{ns}	0,02	0,03 C	0,04 ^{ns}	0,05	0,04 C			
Intermediária	1,07	0,8	0,94 B	1,27	1,29	1,28 B			
Vermelha	2,25	1,62	1,93 A	1,95	1,87	191 A			
$\bar{X}$	1,12 ^{ns}	0,81		1,09 ^{ns}	1,07				
CV (%)	41,16			26,01					

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.4.3. Terceira colheita

Os teores de água das sementes, sem a lavagem, foram 67,8%, 63,1% e 59,1% para as obtidas dos frutos colhidos com as cores verde, intermediária e vermelha, respectivamente. Já, para as sementes lavadas, obtidas dos frutos com as cores verde e intermediária foi 69,0% e para as obtidas dos frutos com a cor vermelha 63,3%.

As primeiras plântulas foram contabilizadas durante o teste de germinação no décimo quarto dia e no trigésimo sexto dia após a instalação do teste. As sementes do acesso Naga Morich germinaram em mais tempo em relação ao período requerido para as sementes dos outros três acessos e, também, houve divergência em relação aos momentos de avaliação propostos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados do teste de tetrazólio para as sementes remanescentes do teste de germinação indicaram que tinha 2% e 6% de sementes viáveis, sementes sem a lavagem, e 8% e 6%, sementes lavadas, obtidas dos frutos com as cores intermediária e vermelha, respectivamente.

Apenas ocorreu interação entre os fatores para o conteúdo de capsaicina (Tabela 29), também observado nas duas colheitas anteriores (Tabelas 27 e 28), na terceira colheita (Tabela 29) os resultados das sementes extraídas dos frutos com a cor vermelha foram estatisticamente superiores aos das obtidas dos frutos colhidos com a cor verde, o maior conteúdo de capsaicina foi obtido quando os frutos tinham a coloração vermelha. Houve redução da quantidade de capsaicina com a lavagem das sementes.

No restante dos testes apenas ocorreu variação estatística entre os estádios de formação do fruto, com exceção do comprimento da parte aérea da plântula que também teve variação significativa devido à lavagem das sementes (Tabela 29). Os resultados foram similares aos da primeira colheita para porcentagem de emergência da plântula, índice de velocidade de emergência da plântula (Tabela 27), na segunda colheita para os resultados de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento da raiz da plântula (Tabela 28) e nas duas colheitas anteriores para a massa seca da plântula (Tabelas 27 e 28).

Para os resultados da germinação, do índice de velocidade de germinação e da emergência da plântula (Tabela 29), os resultados das sementes obtidas dos frutos com as cores intermediária e vermelha superaram estatisticamente os resultados das sementes obtidas dos frutos com a cor verde. Já, para o índice de velocidade de emergência da plântula, a massa seca da plântula e o comprimento da parte aérea e raiz (Tabela 29), ocorreram diferenças estatísticas entre todos os estádios de maturação, sendo que os relativos às sementes colhidas dos frutos com a cor vermelha foram superiores aos demais. Além disso, para o comprimento da parte aérea da plântula, a lavagem da semente interferiu negativamente nos resultados, pois o resultado das sementes que não foram lavadas foi superior ao das lavadas.

Para os resultados das avaliações da massa seca da plântula e do comprimento da parte aérea da plântula não houve interação entre os fatores, em todas

colheitas para este acesso (Tabelas 27, 28 e 29), a lavagem das sementes não interferiu nos resultados, outra coisa que foi observada, foi resultados mais satisfatórios para sementes extraídas de frutos com a cor vermelha, sendo esta estatisticamente superior em todas as colheitas deste acesso para essas análises, o que comprova que as sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha têm qualidade superior as demais colorações do fruto.

Novamente, as sementes obtidas dos frutos colhidos com a cor vermelha apresentaram resultados satisfatórios, indicando que para o acesso Naga Morich as sementes estão maduras fisiologicamente ou próximo à maturidade fisiológica quando os frutos têm a cor vermelha e que nesse estágio há o maior conteúdo de capsaicina. Justino et al (2015) observaram valores máximo da germinação e do vigor das sementes de *C. baccatum* var. *pendulum* em frutos que tinham a cor vermelha, além de picos da concentração de capsaicina. Esses resultados foram inversos aos obtidos para as sementes do acesso Biquinho.

Tabela 29. Sementes de pimenta, acesso Naga Morich (IAC-1625) – Resultados da germinação (%), do índice de velocidade de germinação (IVG), do conteúdo de capsaicina (mg de capsaicina/ g de semente seca), da emergência da plântula (%), do índice de velocidade de emergência plântula (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da parte aérea e raiz da plântula (cm) de sementes provenientes dos estádios de formação do fruto nas cores verde, laranja e vermelha, sem lavagem (SL) e com a lavagem (CL) das sementes (maio, 2017).

Cor do fruto	Germinação (%)			IVG			Capsaicina (mg/g)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	4 ^{ns}	1	2 B	0,04 ^{ns}	0,00	0,02 B	14,18 Ca	0,92 Bb	7,55
Intermediária	60	57	58 A	0,65	0,55	0,60 A	18,81 Ba	2,27 Abb	10,54
Vermelha	45	49	47 A	0,54	0,61	0,57 A	32,91 Aa	4,07 Ab	18,49
$\bar{X}$	36 ^{ns}	36		0,41 ^{ns}	0,39		21,97	2,42	
CV (%)	29,75			31,63			7,37		
Cor do fruto	Emergência da plântula (%)			IVEP			MMSP (mg)		
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$
Verde	4 ^{ns}	6	5 B	0,04 ^{ns}	0,08	0,06 C	0,02 ^{ns}	0,02	0,02 C
Intermediária	61	67	64 A	0,69	0,75	0,72 B	0,23	0,25	0,24 B
Vermelha	84	71	78 A	1,34	1,02	1,18 C	0,66	0,61	0,63 A
$\bar{X}$	50 ^{ns}	48		0,69 ^{ns}	0,61		0,30 ^{ns}	0,3	
CV (%)	26,84			29,03			21,78		
Comprimento da plântula (cm)									
Cor do fruto	Parte aérea			Raiz					
	SL	CL	$\bar{X}$	SL	CL	$\bar{X}$			
Verde	0,06 ^{ns}	0,1	0,08 C	0,05 ^{ns}	0,1	0,08 C			
Intermediária	0,70	0,56	0,63 B	1,03	1,21	1,12 B			
Vermelha	2,01	1,54	1,77 A	2,02	3,14	2,08 A			
$\bar{X}$	0,92 a	0,73 b		1,03 ^{ns}	1,15				
CV (%)	24,09			18,74					

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

10.4.4. Parâmetro fisiológico das sementes de pimenta durante o armazenamento

Os teores de água das sementes que não foram lavadas foram 9,6% e 9,5% e de 7,9% e 7,9 % para sementes lavadas, nas avaliações aos quatro e aos seis meses, respectivamente.

Aos quatro meses, ocorreu diferença estatística para a porcentagem de emergência da plântula e para o índice de velocidade de emergência da plântula (Tabela 30) e aos 6 meses de armazenamento ocorreu diferença apenas para o índice de velocidade de emergência (Tabela 30), sementes submetidas a lavagem superaram estatisticamente a sementes sem lavar. Mesmo

sem diferença significativa para a porcentagem de germinação, é possível afirmar que os resultados das sementes lavadas foram superiores aos das não lavadas.

Tabela 30. Sementes de pimenta, acesso Naga Morich (IAC-1625) - Resultados dos testes de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência da plântulas (%), do índice de velocidade de emergência da plântulas (IVEP), da massa matéria seca da plântula (MMSP; mg) e dos comprimentos da plântula da parte aérea e raiz (cm) de sementes provenientes do estágio de formação do fruto de coloração vermelha, armazenadas por 4 meses (setembro, 2017) e 6 meses (novembro, 2017)

4 meses				
Tratamento	Germinação (%)	IVG	Emergência (%)	IVEP
Sem	54 ^{ns}	0,86 ^{ns}	71 b	1,07 b
Com	66	1,19	81 a	1,32 a
CV (%)	17,69	21,04	9,12	11,37
Tratamento	Massa matéria seca da plântula (mg)	Comprimento da plântula (cm)		
		Parte aérea	Raiz	
Sem	0,55 ^{ns}	1,73 ^{ns}	2,07 ^{ns}	
Com	0,57	1,69	1,56	
CV (%)	17,28	19,44	25,43	
6 meses				
Tratamento	Germinação (%)	IVG	Emergência (%)	IVEP
Sem	74 ^{ns}	1,03 b	82 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Com	82	1,20 a	75	1,13
CV (%)	10,57	13,19	11,52	14,46
Tratamento	Massa matéria seca da plântula (mg)	Comprimento da plântula		
		Parte aérea	Raiz	
Sem	0,71 ^{ns}	2,64 ^{ns}	3,08 ^{ns}	
Com	0,69	2,54	2,93	
CV (%)	18,54	16,34	19,98	

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra não têm diferenças estatísticas significativas, Tukey 5%.

11. Conclusão

A qualidade máxima das sementes da pimenta, em termos do parâmetro fisiológico, é obtida quando colhidas dos frutos de cor vermelha.

Há alteração do conteúdo de capsaicina conforme altera o estágio de formação do fruto e da semente, independentemente do acesso genético.

Para as sementes do acesso Biquinho, há a redução do conteúdo da capsaicina conforme há formação do fruto, a menor quantidade de capsaicina corresponde às sementes colhidas na maturidade fisiológica ou próximo à maturidade.

Para as sementes do acesso Naga Morich, ocorre acréscimo do conteúdo de capsaicina na medida em que há a formação do fruto, o conteúdo máximo corresponde ao das sementes colhidas na maturidade fisiológica ou próximo à maturidade.

Há a redução da quantidade de capsaicina em função da lavagem das sementes, porém não interfere na qualidade das sementes, que são avaliadas imediatamente após a colheita.

As sementes dos acessos Kharika e Olho de Peixe não mantêm a qualidade durante o armazenamento por 4 meses, considerando o ambiente em que foram armazenadas.

Há a manutenção da qualidade das sementes dos acessos Biquinho e Naga Morich, quando armazenadas por até 6 meses.

A lavagem das sementes favorece a conservação das sementes do acesso Naga Morich.

Referências

- ABUD, H.F.; ARAUJO, E.F.; ARAUJO, R.F.; ARAUJO, A.V.; PINTO, C.M.F. Qualidade fisiológica de sementes das pimentas malagueta e biquinho durante a ontogênese. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 12, p. 1546-1554, 2013.
- AL OTHMAN, Z. A.; AHMED, Y. B. H.; HABILA, M. A.; GHAFAR, A. A. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in *Capsicum* fruit samples using high performance liquid chromatography. **Molecules**, vol. 16, n.10 p. 8919–8929, 2011.
- ANCONA-ESCALANTE, W.DEL.R.; BAAS-ESPINOLA, F.M.; CASTRO CONCHA, L.A.; VÁZQUEZ-FLOTA, F.A.; ZAMUDIO-MAYA, M.; DEMIRANDA-HAM, M.L. Induction of capsaicinoid accumulation in placental tissues of *Capsicum chinense* Jacq. requires primary ammonia assimilation. **Plant Cell Tissue Organ Cult** .v.113, p. 565–570, 2013.
- BARCHENGER, D. W.; BOSLAND, P. W. Exogenous applications of capsaicin inhibits seed germination of *Capsicum annuum*. **Scientia Horticulturae** v.203, p.29-31, 2016.
- BORGES-GOMEZ, L.; CÁRDENAS L. C.; NOVELO, J. R; FREGOSO, M. S.; OREGEL, V. R.; COUOH, E. V. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. **Terra Latinoamericana**, v.28, p.35-41, 2010.
- BOSLAND, P.W.; VOTAVA, E.J. **Peppers: vegetable and spice Capsicums**, New York: CABI Publishing, 1999. 204p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ ACS, 2009. 398p.
- LOPES, C. S. C.; CARVALHO, C. A.; HENZ, S. I. C.; REIFSCHNEIDER, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2008. p.39-53.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p.
- CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L.B. **Sistema de Produção de Pimentas (*Capsicum spp.*): Botânica**. 2007. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 4 ISSN 1678. Disponível em: <
https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/botanica.html >. Acesso em: 19 de junho de 2018.

- CARVALHO, S. I. C; BIANCHETTI, L. B. Botânica e recursos genéticos. In: Ribeiro, C. S. C.; Lopes, C. A.; Carvalho, S. I. C; Henz, G. P.; Reifschneider, F. J. B. **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2008. p.39-53.
- CHO, K.J., PARK, K.S.; TANG, C.S. Allelopathic potential of red-pepper (*Capsicum annum* L.) fruit. **Res. Rep. Rural Develop. Admin.** Suweon, v. 34, p.18-23, 1992.
- COSTA, C.S.R.; HENZ, G.P. 2007. **Pimenta (*Capsicum* spp.) – Importância Econômica**. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/importanciaeconomica.html >. Acessado em: 28/08/ 2018.
- DIAS, D.C.F.S.; RIBEIRO, F.P.; DIAS, L.A.S.; SILVA, D.H.; VIDIGAL, D.S. Tomato seed quality in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, Bassersdorf, v.34, n.3, p.691-699, 2006.
- FREITAS, R.A.; NASCIMENTO, W.M.; CARVALHO, S.I.C. Produção de sementes. In: RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A.; CARVALHO, S.I.C.; HENZ, G.P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Pimentas Capsicum**. Brasília, Embrapa Hortaliças: Athalaia Gráfica e Editora Ltda. 2008. p. 173-176.
- FREITAS, R.A.; NASCIMENTO, W.M.; CARVALHO, S.I.C. Produção de sementes. In: RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A.; CARVALHO, S.I.C.; HENZ, G.P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Pimentas Capsicum**. Brasília, Embrapa Hortaliças: Athalaia Gráfica e Editora Ltda. 2008. p. 173-176.
- FUJIWAKE, H.; SUZUKI, T.; IWAI, K. Capsaicinoid formation in the protoplast from the placenta of the *Capsicum* fruits. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.46, n.10, p. 2591-2592, 1982.
- FUJIWAKE, H.; SUZUKI, T.; IWAI, K. Intracellular localization of capsaicin and its analogues in *Capsicum* fruit. The vacuole as the intracellular accumulation site of capsaicinoid in the protoplast of *Capsicum* fruit. **Plant Cell Physiology**.v.21. n.6, p.1023–1030, 1980
- GONZÁLEZ, L.; SOUTO, X.C.; REIGOSA, M.J. Weed control by *Capsicum annum*. **Allelopathy**, v.4, p. 101-110, 1997.
- GONZÁLEZ-ZAMORA, A.E.; SIERRA-CAMPOS, R.; PÉREZ-MORALES, C.; VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, M.A.; GALLEGOS-ROBLES, J.D.; LÓPEZ-MARTÍNEZ & J.L. GARCÍA-HERNÁNDEZ. Measurement of capsaicinoids in chiltepín hot pepper: a comparison study between spectrophotometric method and high performance liquid chromatography analysis. **Journal of Chemistry**, v.2015, p.1-10, 2015.

- HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Handbook of vigor test methods**. Zürich: ISTA, 1995. 117 p.
- JUSTINO, E. V.; BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E.; SILVA FILHO, J. G.; NASCIMENTO, W. M. Determinação da maturidade fisiológica de sementes de pimenta dedo de moça *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 324-331, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000300008>.
- KATO-NOGUCHI, H.; TANAKA, Y. Effects of capsaicin on plant growth. **Biologia plantarum**, v. 47, n.1, p.157-159, 2003
- KOZUKUE, N.; HAN, J. S.; SOOK, J.; KOZUKUE, E.; LEE, S. J.; KIM, J. A.; LEE, K. R.; LEVIN, C. E.; FRIEDMAN, M. Analysis of Eight Capsaicinoids in Peppers and Pepper-Containing Foods by High-Performance Liquid Chromatography and Liquid Chromatography Mass Spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.9172-9181, 2005
- KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes – ABRATES, 1999, 218 p.
- LONG-SOLIS. **Capsicum y cultura**: la historia del chilli. México: Ed. Fondo de Cultura Económica. P.240, 1998.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.
- MENGARDA, L. H. G.; LOPES, J. C. Qualidade de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de pimenta malagueta e sua relação com a posição de coleta de frutos. **Revista brasileira de sementes**, Londrina , v.34, n.4, p.644-650, 2012 .
- MORGAN, E. C.; OVERHOLT, W. A. Potential allelopathic effects of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae) aqueous extract on germination and growth of selected Florida native plants. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v.132, n.1, p.11-15, 2005.
- NAKADA, P. G.; OLIVEIRA, J. A.; MELO, L. C.; GOMES, L. A. A.; VON PINHO, E. V. R. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 33, n. 1, p. 113-122, 2011.
- NASCIMENTO WM. (org). **Tecnologia de Sementes de Hortaliças**. EMBRAPA Hortaliças. 1ª. ed. Brasília-DF,2009. 432p.
- NASCIMENTO, W. M. (Ed.). **Produção de Sementes de Hortaliças**: Volume II. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. 341p.

- NASCIMENTO, W. M.; DIAS, D. C. F.; FREITAS, R. A. Produção de sementes de pimentas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 235, p. 30-39, 2006.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 106-109, 1998.
- PANDHAIR, V.; SHARMA, S. Accumulation of Capsaicin in Seed, Pericarp and Placenta of *Capsicum annuum* L Fruit. **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology**. v. 17, n.1, p.23-27, 2008
- PANDHAIR, V.; SHARMA, S. Accumulation of Capsaicin in Seed, Pericarp and Placenta of *Capsicum annuum* L Fruit. **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology**. v. 17, n.1, p.23-27, 2008
- PARRISH, M. Liquid chromatographic method of determining capsaicinoids in *Capsicum* and their extractives: collaborative study. **Journal Association of Official Analytical Chemistry**, vol.79, p. 738–745, 1996.
- PEREIRA, F.E.C.B.; TORRES, S.B.; SILVA, M.I. DE. L; GRANGEIRO, L.C; BENEDITO, C.P. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.737–744, 2014.
- PRUTHI, J. S. **Spices and condiments: chemistry, microbiology, techonology**. New York: Academic, 1980. 449 p
- RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed.: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1997. 174p
- REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Org.) **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Embrapa Hortaliças, 2000. 113p.
- RIBEIRO, C.S.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; Genética e Melhoramento. In: RIBEIRO, C.S.C.; CARVALHO, S.I.C.; HENZ, G.P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. p. 55-69.
- SANTOS, M. A. O. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate através do teste de tetrazólio**. 2003. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SIDDIQUI, Z.S.; ZAMAN, A.U. Effects of *Capsicum* leachates on germination, seedling growth and chlorophyll accumulation in *Vigna radiata* (L.) Wilczek seedlings. **Pakistan Journal of Botany**, v.37,n.4, p. 941–947, 2005.

- SILVA, R. F.; ARAÚJO, E. F.; VIGGIANO, J. Extração de sementes de frutos carnosos de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. M. **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. p. 77-102
- SOUSA, E. T.; RODRIGUES, F. M.; MARTINS, C. C.; OLIVEIRA, F. S.; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. Multivariate optimization and HS-SPME/GC–MS analysis of VOCs in red, yellow and purple varieties of *Capsicum chinense* sp. Peppers. **Microchemical Journal**, v.82, n.2, p.142–149, 2006
- TEWKSBURY, J.J.; REAGAN, K.M.; MACHNICKI, N.J.; CAROL, T.A.; HAAK, D.C.; CALDERÓN PEÑALOZA, A.L; LEVEY, D.J. **Evolutionary ecology of pungency in wild chilies**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v.105, n.33, p. 11808-11811, 2008.
- TEWKSBURY, J.J.; LEVEY, D.J.; HUIZINGA, M.; HAAK, D.C .; TRAVESET, A. Costs and benefits of capsaicin-mediated control of gut retention in dispersers of wild chilies. **Ecology**, v.89, n.1, p.107-117, 2008.
- VIDIGAL, D. de S.; DIAS, D.C.F. dos S.; DIAS, L.A. dos S.; FINGER, F.L. Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. **Scientia Agricola**, v.68, p.535-539, 2011. DOI: 10.1590/S0103-90162011000500004.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; PINHO, E. V. R. V.; DIAS, L. A. S. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, MG, v.28, n.3, p.87-93, 2006.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; PINHO, E. V. R. V.; DIAS, L. A. S. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 31, n. 2, p. 129-136, 2009.
- VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; PINHO, E. V. R. V.; DIAS, L. A. S. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, MG, v.28, n.3, p.87-93, 2006.