



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



**LIDIANE FERNANDES COLOMBARI**

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, NUTRICIONAIS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES  
DE PIMENTÃO, COM FRUTOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO E  
DO REPOUSO PÓS-COLHEITA**

**Botucatu**

**2019**



**LIDIANE FERNANDES COLOMBARI**

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, NUTRICIONAIS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES  
DE PIMENTÃO, COM FRUTOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO E  
DO REPOUSO PÓS-COLHEITA**

Tese de Doutorado, do Programa de Pós-Graduação em Horticultura, apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso

**Botucatu**

**2019**

C718a	<p>Colombari, Lidiane Fernandes</p> <p>Alterações fisiológicas, nutricionais e bioquímicas em sementes de pimentão, com frutos em diferentes estádios de maturação e do repouso pós-colheita / Lidiane Fernandes Colombari. -- Botucatu, 2019</p> <p>85 p. : il., tabs., fotos</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu</p> <p>Orientador: Antonio Ismael Inácio Cardoso</p> <p>1. Pimentão - Sementes. 2. Qualidade fisiológica. 3. Bioquímica. 4. Macronutrientes. 5. Proteínas. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA TESE: ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, NUTRICIONAIS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES DE PIMENTÃO, COM FRUTOS DE DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO E DO REPOUSO PÓS-COLHEITA

**AUTORA: LIDIANE FERNANDES COLOMBARI**

**ORIENTADOR: ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO**

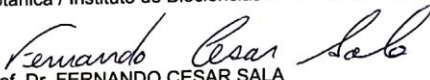
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO  
Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP - Câmpus de Botucatu

  
Prof. Dr. FERNANDO FERRARI PUTTI  
Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia de Tupã

  
Pesquisadora Dr.ª CRISTIAINI KANO  
Monitoramento Territorial Estratégico / Embrapa Territorial

  
Prof.ª Dr.ª ELIZABETH ORIKA ONO  
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

  
Prof. Dr. FERNANDO CESAR SALA  
Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal / Universidade Federal de São Carlos

Botucatu, 17 de junho de 2019



Aos Meus Pais, Mario e Celina  
Pela compreensão, confiança e amor.  
Obrigada pelos esforços destinados à minha formação.

Dedico



À minha querida irmã Liliane, melhor amiga e conselheira  
Pela motivação nos momentos difíceis  
Por todo amor e carinho e por ter me dado os melhores  
sobrinhos Gustavo e Julia.

Ofereço



## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pela vida e pelas oportunidades que ele nos dá. Senhor, obrigada pelo fim de mais essa etapa e ainda me ensinando sobre Fé.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas (UNESP/FCA), pela oportunidade da realização do curso de doutorado.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

Ao Professor e orientador Antonio Ismael Inácio Cardoso, pela orientação, atenção, paciência, compreensão, amizade e pelos ensinamentos prestados durante a realização do trabalho.

À banca examinadora que aceitaram contribuir com este trabalho.

À todos os funcionários da Fazenda Experimental São Manuel pela cooperação durante a execução do experimento.

Aos funcionários do Departamento de Horticultura Edvaldo e a Sandra, pelas conversas e ajuda durante as avaliações dos experimentos.

Aos funcionários da Biblioteca, do Transportes e do Departamento de Ciência do solo, em especial a funcionária Adriana, pela boa vontade de resolver problemas e por atender os alunos sempre com paciência e respeito.

Ao Claudio Roberto Ribeiro da Silva (Claudinho) por compartilhar todo seu conhecimento.

Ao Ronaldo Tadeu Felitti por auxiliar no meu crescimento espiritual e pessoal.

À Carla Correia e o prof. Fernando Putti pela boa vontade em ajudar com análises desta tese.

Aos amigos Bruno, Letícia, Maurício, Princilla, Geane, Priscila Nataly e Ana Emília pela ajuda na condução dos experimentos.

À Minha Família por todo apoio e carinho durante todas as etapas da minha vida, com certeza sem vocês eu não teria chegado até aqui. São vocês que me fizeram acreditar que eu sou capaz.

Aos amigos que a vida me proporcionou em Botucatu Princilla, Bety, Carla, Michely, Gustavo, Erilene, Leysimar, Priscila Nataly, Ana Emília, Milena, Felipe Baldini, Vitor Imaizumi, Fernanda Buttini, Marcinha, Laura e Adilson. Os amigos são sempre dom de Deus, não podemos viver sem amigos.

Aos amigos dos grupos peleguedo, club da lulusinha e zamigos, as amigas Jenifer Gish e Ana Karina, vocês são os exemplos de que a amizade eterna conecta as pessoas através do coração, não importa quão distante estejamos uns dos outros. Vocês enchem minha vida de risos e alegrias.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Minha sincera gratidão!

## RESUMO

Em pimentão a floração e a frutificação são contínuas, o que faz com que a planta tenha frutos e sementes em diferentes estádios de maturação. Dessa forma, identificar o estágio em que as sementes alcançam a maturidade fisiológica é fundamental para a determinação do momento ideal de colheita dos frutos. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho estudar o efeito do estágio de maturação e do repouso pós-colheita dos frutos na qualidade fisiológica, na resposta bioquímica e na composição química de sementes de pimentão. O trabalho foi dividido em dois capítulos, em ambos o delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com oito tratamentos, resultantes de um fatorial 4x2, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído de quatro estádios de maturação (35, 50, 65 e 80 dias após a antese (DAA)) e o segundo, sem e com o repouso dos frutos pós-colheita, por 7 dias. Foram avaliados dois genótipos que apresentam padrão de qualidade visual de sementes diferentes, ou seja, sem (1730) e com (190-2) o escurecimento do tegumento das sementes. No primeiro capítulo as características avaliadas nas sementes foram a determinação do teor de água, massa de mil sementes, germinação, vigor (primeira contagem do teste de germinação e índice de velocidade de germinação), atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD), a peroxidação lipídica (LIP) e o teor de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). No segundo capítulo foram avaliados nas sementes a massa seca de mil sementes, os teores de macronutrientes e proteínas. A melhor época para a colheita dos frutos para semente do genótipo 1730 sem e com o repouso pós-colheita dos frutos é por volta dos 80 DAA e para o genótipo 190-2 sem o repouso dos frutos é aos 72 DAA e com o repouso, aos 58 DAA. Nesses estádios de maturação as sementes apresentam máxima germinação e vigor. O repouso pós-colheita dos frutos proporcionou maior qualidade fisiológica para os dois genótipos, assim como maior massa de mil sementes. As atividades das enzimas SOD e CAT de ambos os genótipos, sem e com o repouso pós-colheita dos frutos, foram altas aos 35 DAA, em função da elevada peroxidação lipídica, reduzindo até aos 65 DAA. Houve redução dos teores de K, Ca e Mg e aumento do teor das proteínas albumina, globulina e prolaminas em função do estágio de maturação dos frutos. O repouso pós-colheita dos frutos proporcionou maior teor de Ca e da proteína albumina. A ordem decrescente dos teores de macronutrientes e proteínas nas sementes dos

dois genótipos foi sempre a mesma, independentemente do estágio de maturação e do repouso pós-colheita dos frutos: N>K>P>Mg>S>Ca e albumina>globulina≈glutelina>prolamina, respectivamente.

**Palavras-chaves:** *Capsicum annuum* L. Germinação. Vigor. Antioxidantes. Integridade de membranas. Macronutrientes. Proteínas.

## ABSTRACT

In sweet pepper the flowering and the fruiting are continuous, which causes that the plant has fruits and seeds in different stages of maturation. Thus, to identify the stage in which the seeds reach the physiological maturity is fundamental to determine the ideal moment to harvest the fruits. In view of this, the objective of this work was to study the effect of maturation stage and post-harvest rest of the fruits in physiological quality, biochemical response and chemical composition in pepper seeds. The work was divided in two chapters, in both the experimental design was randomized blocks, with eight treatments, resulting from a 4x2 factorial, with four replications. The first factor consisted of four maturation stages (35, 50, 65 and 80 days after anthesis (DAA)) and the second, without and with the post-harvest rest, for 7 days. Two genotypes with different seed quality standards were evaluated, that is, without (1730) and with (190- 2) darkening of seed integument. In the first chapter the characteristics evaluated in the seeds were the determination of the content of moisture, weight of a thousand seeds, germination, vigor (first germination test count and germination velocity index), superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POD) enzyme activity, lipid peroxidation (LIP) and hydrogen peroxide content (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). In the second chapter were evaluated the dry mass of one thousand seeds, the macronutrient and protein contents in the seeds. The fruit harvest time indicated for seeds of genotype 1730 without and with the rest of the fruits is around 80 DAA and for the 190-2 genotype without the rest of the fruits it is at 72 DAA and with rest at 58 DAA. In these stages of maturation, the seeds present maximum germination and vigor. The post-harvest rest of the fruits provided higher physiological quality for the two genotypes, as well as a higher weight of one thousand seeds. The activity of the SOD and CAT enzymes of both genotypes, without and with the post-harvest rest of the fruits, were high at 35 DAA, due to high lipid peroxidation and reduced up to 65 DAA. There were reductions of K, Ca and Mg contents and increase of the protein content of albumin, globulin and prolamins as a function of the maturation stage of the fruits. The post-harvest rest of fruits provided higher Ca content and protein albumin. The decreasing order of the macronutrient and protein contents in the seeds of the two genotypes was always the same, independently of maturation stage and post-harvest rest of the fruits: N > K > P > Mg > S > Ca and albumin > globulin > gluteline > prolamine, respectively.

**Keywords:** *Capsicum annuum* L. Germination. Vigor. Antioxidants. Membrane integrity. Macronutrients. Protein.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	17
<b>CAPÍTULO 1 - ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO E REPOUSO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DE SEMENTES DE PIMENTÃO</b> .....	20
1.1 Introdução .....	21
1.2 Material e métodos .....	23
1.3 Resultados e discussões .....	27
1.3.1 Teor de água das sementes .....	27
1.3.3 Massa de mil sementes .....	35
1.3.4 Análises bioquímicas.....	37
1.3.5 Análise de correlação entre teor de água, qualidade fisiológica, massa de mil sementes e análises bioquímicas de sementes de pimentão para os genótipos 1730 e 190-2.....	43
1.4 Conclusão.....	47
REFERÊNCIAS .....	47
<b>CAPÍTULO 2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE SEMENTES DE PIMENTÃO EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E REPOUSO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS</b> .....	53
2.1 Introdução .....	54
2.2 Material e métodos .....	56
2.3 Resultados.....	58
2.3.1 Massa seca de mil sementes.....	58
2.3.2 Teores de macronutrientes nas sementes .....	60
2.3.3 Teores de proteínas nas sementes .....	69
2.3.4 Análise de correlação entre teores de macronutrientes e proteínas em sementes de pimentão para os genótipos 1730 e 190-2 .....	72
2.4 Conclusão.....	77
REFERÊNCIAS .....	77
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	82
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	83
<b>APÊNDICE A - Genótipo 190-2 sem o escurecimento do tegumento das sementes. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.....</b>	<b>85</b>

**APÊNDICE B - Genótipo 1730 sem o escurecimento do tegumento das sementes. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.....85**

**APÊNDICE C – Aspecto visual dos frutos dos dois genótipos no momento da colheita. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.....86**

## INTRODUÇÃO GERAL

Semente de alta qualidade é insumo básico para o sucesso do sistema de produção de hortaliças (PANDITA, 2017), principalmente sementes híbridas que possuem alto valor agregado e na cultura do pimentão representam 96% do valor comercializado (PEÑALOZA; NASCIMENTO, 2014).

Sementes de qualidade asseguram melhor germinação, emergência rápida e uniforme e crescimento vigoroso de plântulas, o que pode até elevar a produtividade e qualidade do produto comercial (PANDITA, 2017). De acordo com Marcos Filho e Kikuti (2006), o uso de sementes de qualidade é justificado mesmo que não haja resposta em termos de produção final das plantas. Empresas produtoras de sementes também têm interesse na manutenção da qualidade das mesmas, em decorrência dos altos investimentos realizados no processo de melhoramento de plantas, multiplicação e produção final das sementes (BRUNES, 2013).

Sementes de elevada qualidade fisiológica são obtidas por meio da condução adequada dos campos de produção e, principalmente, da realização da colheita o mais próximo possível da maturidade fisiológica, para evitar que as sementes fiquem expostas às condições ambientais desfavoráveis e ao ataque de pragas e doenças e, assim, reduzir ao máximo as possíveis perdas qualitativas e quantitativas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Em pimentão, a maturidade das sementes geralmente coincide com o início da mudança de coloração de frutos. Entretanto, estudos tem demonstrado que, mesmo antes da maturação do fruto, as sementes já podem alcançar a maturidade fisiológica, momento em que as mesmas atingem o máximo de germinação e vigor (SILVA; ARAÚJO; VIGGIANO, 2009), devido a formação completa dos sistemas bioquímico, morfológico e estrutural (NAKADA et al., 2011). Hortaliças de frutos carnosos como os da família das solanáceas, a qual pertence o pimentão, permitem a colheita precoce dos frutos, uma vez que o processo de maturação das sementes continua após a colheita. Para tanto, deve haver o repouso dos frutos após a colheita antes da extração, para que as sementes completem sua maturação fisiológica alcançando máximo vigor e germinação (SILVA; ARAÚJO; VIGGIANO, 2009).

O repouso pós-colheita dos frutos por possibilitar melhoria na qualidade fisiológica das sementes tem sido uma prática usualmente executada pelas empresas de sementes de hortaliças.

A partir do momento que as sementes atingem a maturidade fisiológica, inicia-se o processo de deterioração, que é acompanhado por uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, resultando na redução da qualidade das mesmas. Das alterações que ocorrem nas sementes relacionadas ao processo de deterioração, as principais são a redução da atividade respiratória, redução da síntese de proteínas e ácidos nucleicos, degradação e inativação de enzimas e a perda de integridade das membranas celulares devida a peroxidação lipídica (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Chauhan et al. (1985), citados por Vidigal et al. (2009), as variações nos perfis de proteínas e de enzimas específicas, a peroxidação de lipídios e a remoção de radicais livres, podem se constituir uma ferramenta eficiente para monitorar as alterações bioquímicas resultantes da deterioração.

Mudanças na biossíntese e composição de sementes também ocorrem durante o desenvolvimento e maturação e variam entre sementes de origens genéticas diferentes (SALDIVAR et al., 2011). Na área de sementes não existem trabalhos sobre a composição de macronutrientes e proteínas em sementes de pimentão.

A composição química das sementes deve ser adequada, pois serão as reservas acumuladas nas sementes que sustentarão o crescimento da plântula no seu estágio inicial de desenvolvimento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), pelo fornecimento de nutrientes e energia (MARCOS FILHO, 2005) até que o sistema radicular possa assumir sua função de fornecimento de nutrientes e a parte aérea seja fotossinteticamente ativa.

As sementes F1 de pimentão são de valor comercial considerável e os aspectos relacionados à sua qualidade fisiológica devem ser considerados, pois podem gerar desuniformidade e baixo rendimento. Em pimentão a floração e a frutificação são contínuas, o que faz com que a planta tenha frutos e sementes em diferentes estádios de maturação. Dessa forma, identificar o estágio em que as sementes alcancem a maturidade fisiológica é fundamental para a determinação do momento ideal de colheita dos frutos.

Outro aspecto a ser considerado é a característica física das sementes, como o escurecimento do tegumento que implica em perda de produção, pois no momento

do beneficiamento, essas sementes são eliminadas por meio de máquinas que fazem a classificação por coloração, além do mais, podem gerar sementes de baixa germinação e vigor.

Assim, objetivou-se com esta pesquisa estudar a qualidade fisiológica, a resposta bioquímica e a composição química das sementes de dois genótipos de pimentão em função do estágio de maturação e do repouso pós-colheita dos frutos.

## CAPÍTULO 1

### ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO E REPOUSO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DE SEMENTES DE PIMENTÃO

#### RESUMO

Sementes de qualidade são insumos básicos para o sucesso do sistema de produção de hortaliças, sendo importante tanto para o produtor, como para as empresas produtoras de sementes. Desse modo, determinar o estágio em que as sementes atingem a maturação fisiológica é importante para obter qualidade e minimizar o processo de deterioração a campo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar estádios de maturação e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade fisiológica e na resposta bioquímica de sementes de pimentão. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com oito tratamentos, resultantes de um fatorial 4x2, com quatro repetições. O primeiro fator foram quatro estádios de maturação (35, 50, 65 e 80 dias após a antese (DAA)) e o segundo, sem e com o repouso dos frutos pós-colheita, por 7 dias. Foram avaliados dois genótipos com padrão de qualidade de sementes diferentes, ou seja, sem (1730) e com (190-2) escurecimento do tegumento das sementes. As características avaliadas nas sementes foram a determinação do teor de água, massa de mil sementes, germinação, vigor (primeira contagem do teste de germinação e índice de velocidade de germinação), a atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD), a peroxidação lipídica (LIP) e o teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). A época de colheita dos frutos indicada para sementes do genótipo 1730 sem e com o repouso dos frutos é por volta dos 80 DAA e para o genótipo 190-2 sem o repouso dos frutos é aos 72 DAA e com o repouso, aos 58 DAA. Nesses estádios de maturação as sementes apresentam máxima germinação e vigor. O repouso pós-colheita dos frutos proporcionou maior qualidade fisiológica para os dois genótipos, assim como maior massa de mil sementes e menor teor de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. A atividade das enzimas SOD e CAT de ambos os genótipos, sem e com o repouso pós-colheita dos frutos, foram altas aos 35 DAA, em função da elevada peroxidação lipídica, reduzindo até aos 65 DAA.

**Palavras-chave:** *Capsicum annuum* L., germinação, vigor, espécies reativas de oxigênio, peroxidação lipídica, sistemas antioxidantes.

## ABSTRACT

Quality seeds are basic inputs to the success of the vegetable production system, being important both for the producer and for the seed-producing companies. Thus, determining the stage at which the seeds reach physiological maturity is important to obtain quality and minimize the process of deterioration in the field. Thus, the objective of this work was to evaluate stages of maturation and post-harvest rest of the fruits in the physiological quality and biochemical response in pepper seeds. The experimental design was a randomized block, with eight treatments, resulting from a 4x2 factorial, with four replications. The first factor consisted of four maturation stages (35, 50, 65 and 80 days after anthesis (DAA)) and the second, without and with the post-harvest rest of the fruits, for 7 days. Two genotypes with different seed quality standards were evaluated, that is, without (1730) and with (190-2) darkening of the seed integument. The characteristics evaluated in the seeds were content of moisture, weight of a thousand seeds, germination, vigor (first germination test count and germination velocity index), superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POD) enzyme activity, lipid peroxidation (LIP) and hydrogen peroxide content ( $H_2O_2$ ). The fruit harvest time indicated for seeds of genotype 1730 without and with the rest of the fruits is around 80 DAA and for the 190-2 genotype without the rest of the fruits it is at 72 DAA and with rest at 58 DAA. These stages of maturation, the seeds present maximum germination and vigor. The post-harvest rest of the fruits provided higher physiological quality for the two genotypes, as well as a more mass of one thousand seeds and lower  $H_2O_2$  content. The activity of the SOD and CAT enzymes of both genotypes, without and with the post-harvest rest of the fruits, were high at 35 DAA, due to high lipid peroxidation, reduced to 65 DAA.

**Key-words:** *Capsicum annuum* L., germination, vigor, reactive oxygen species, lipid peroxidation, antioxidant system.

### 1.1 Introdução

Na produção de sementes de pimentão, a colheita é realizada quando os frutos estão maduros, para que a semente tenha completado a maturação fisiológica (DIAS, 2005). Entretanto, a maturação demasiada dos frutos pode levar a germinação das sementes dentro do próprio fruto ou início do processo de

deterioração e quando colhidos verdes, a produção de sementes de baixo vigor ou até mesmo inférteis (PEÑALOZA; NASCIMENTO, 2014).

Em pimentão a floração e a frutificação são contínuas, o que faz com que a planta tenha frutos e sementes em diferentes estádios de maturação. Assim, quando se colhe uma grande área, na maioria das vezes, não é possível que todos os frutos estejam maduros em uma única vez (PEÑALOZA; NASCIMENTO, 2014). Neste caso, a continuação da maturação das sementes pode ocorrer quando os frutos são mantidos em repouso por um período de sete a dez dias, antes da extração das sementes, resultando em melhor qualidade fisiológica (DIAS et al., 2005; VIDIGAL et al., 2009).

Identificar o momento ideal de colheita, quando as sementes tenham completado seu desenvolvimento e a maturidade fisiológica é importante para obter qualidade e minimizar o processo de deterioração no campo (VIDIGAL et al., 2006). Para tanto são consideradas as características físicas e fisiológicas como tamanho, teor de água, conteúdo de matéria seca, germinação e vigor das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Variações na atividade das enzimas, peroxidação de lipídios e a remoção de radicais livres, também podem constituir-se numa análise eficiente para monitorar as alterações bioquímicas resultantes da deterioração das sementes (CHAUHAN et al., 1995; VIDIGAL et al., 2009).

As enzimas fazem parte do sistema antioxidante das plantas e sementes. As sementes as ativam para sua proteção contra as espécies reativas de oxigênio (EROs) geradas quando expostas a diversos estresses como maturação, dessecação, germinação, armazenamento e envelhecimento, funcionando como mecanismo de desintoxicação que inibe as EROS, evitando, assim, que as sementes se danifiquem ou se deterioreem (SAISANTHOSH et al., 2018).

O sistema antioxidante enzimático está representado por diversas enzimas, dentre as quais a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT) e a peroxidase (POD) que funcionam quebrando e removendo os radicais livres das células (SAISANTHOSH et al., 2018). A SOD dismuta os radicais de superóxido ( $O_2^-$ ), em  $H_2O_2$  e oxigênio (BOWLER; VAN MONTAU; INZÉ, 1992). A CAT dismuta o  $H_2O_2$  em  $H_2O$  e  $O_2$  ( $2 H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ ), enquanto as POD convertem  $H_2O_2$  em água com a ajuda de um substrato redutor ( $RH_2 + H_2O_2 \rightarrow R + 2H_2O$ ) (WILLEKENS et al., 1995).

As EROs são moléculas de oxigênio altamente reativas, constituída de radicais livres, produzidas tanto em condições de estresse, como condições metabólicas normais das sementes e em outros tecidos vegetais (SAISANTHOSH et al., 2018), como é o caso do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) que é considerado centro de sinalização da superação da dormência e germinação, indispensável para a sobrevivência das sementes e precisa do equilíbrio entre a sinalização oxidativa que promove a germinação e o dano oxidativo que previne ou atrasa a germinação (WOJTYLA et al., 2016). Entretanto, sua dupla função nas sementes ainda não é bem compreendida (MULLER et al., 2009).

O estresse ocasionado pelas EROs acarretam a degradação oxidativa de lipídios, também conhecida como peroxidação lipídica (LIP), que é tida como uma das principais formas de deterioração das sementes (SAISANTHOSH et al., 2018). O aumento da LIP resulta em danos na membrana e geração de subprodutos tóxicos e em decorrência há menor integridade das membranas (SCHWEMBER; BRADFORD, 2010), dessa forma, sua determinação possibilita apontar a qualidade das sementes.

Sabendo-se que a qualidade das sementes é importante tanto para o produtor, como também para as empresas produtoras de sementes (BRUNES, 2013), objetivou-se com este trabalho avaliar estádios de maturação e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade fisiológica e na resposta bioquímica em sementes de pimentão.

## **1.2 Material e métodos**

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção de São Manuel, no município de São Manuel – SP (22° 46' S, 48° 34' W e altitude de 740m), pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu – SP. A estrutura do ambiente protegido é do tipo arco (dimensões: 7,0 m x 40,0 m e altura de 3,0 m), coberto por filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), transparente, de 150  $\mu$ m de espessura e com telas nas laterais. No período do experimento a temperatura média diária máxima foi de 28,7°C e mínima de 22,6°C e a umidade relativa máxima e mínima foram de 73 e 54 %, respectivamente, dentro do ambiente protegido.

As plantas foram conduzidas em vasos de 13 litros e o solo utilizado no experimento apresentou as seguintes composições químicas, segundo metodologia de Raij et al. (2001):  $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 4,4$ ;  $\text{M.O.} = 5 \text{ g dm}^{-3}$ ;  $\text{Presina} = 2 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{H+Al} = 26 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{K} = 1,1 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca} = 33 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg} = 4 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{SB} = 39 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{CTC} = 64 \text{ mmolc dm}^{-3}$  e  $\text{V} = 60\%$ . Foi realizada calagem para elevar a saturação por bases (V) a 80%. Com base nos resultados da análise química do solo a adubação de plantio foi realizada de acordo com a recomendação do Boletim 100 (RAIJ et al., 1996) e adubação de cobertura por meio da fertirrigação de acordo com as recomendações de Trani et al. (2011) para a cultura do pimentão, sendo realizada semanalmente, por meio do sistema venturi.

A semeadura foi realizada em bandejas de polipropileno de 162 células, no dia 24/07/2017, utilizando o substrato Carolina Soil, colocando-se uma semente por célula. O transplante das mudas foi realizado quando as mesmas estavam com quatro folhas definitivas, aos 47 dias após a semeadura.

Os tratamentos culturais realizados foram a desbrota até o surgimento da primeira flor, localizada na primeira bifurcação da planta; irrigação por gotejo duas vezes ao dia e controle de pragas e doenças quando necessário. Conforme o crescimento e desenvolvimento das plantas, o tutoramento foi realizado com auxílio de tutores de bambu, individualmente, juntamente com filhinho passado horizontalmente ao longo de toda a fileira.

Foram avaliados oito tratamentos, em esquema fatorial 4x2, no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído de quatro períodos de maturação (35, 50, 65 e 80 dias após a antese (DAA)) e o segundo, sem e com o repouso dos frutos pós-colheita dos frutos, por um período de 7 dias. Foram avaliadas 10 plantas por tratamento e colhidos todos os frutos fixados na planta, sem o desbaste.

Foram avaliados dois genótipos que apresentam padrão de qualidade visual diferentes, ou seja, com e sem escurecimento do tegumento das sementes. O genótipo com escurecimento foi proveniente do Banco de Germoplasma de Hortaliças da FCA/UNESP, Campus de Botucatu-SP, geração F6, possuindo uma codificação nesse trabalho de 190-2 (APÊNDICE A). O genótipo sem o escurecimento foi cedido pela empresa Sakata Seeds, não sendo possível conhecer a genealogia desse material, com código 1730 (APÊNDICE B). As duas linhagens possuíam frutos de coloração verde, quando imaturos e amarela, quando maduros.

Para determinar o período de maturação foram marcadas todas as flores de todas as plantas no dia de sua antese, de modo que se conseguisse colher uma grande quantidade de frutos no mesmo dia com exatamente a mesma idade. As colheitas foram realizadas quando os frutos apresentavam o estágio de maturação correspondente aos tratamentos (35, 50, 65 e 80 DAA), sendo que metade dos frutos tiveram suas sementes extraídas no dia da colheita (sem repouso) e a outra metade permaneceu em repouso pós-colheita. No momento da colheita o aspecto visual dos frutos dos dois genótipos com relação à coloração era: frutos totalmente verdes aos 35 DAA; frutos com a coloração transitória do verde para o amarelo aos 50 DAA; frutos com 75 % da coloração amarela brilhante aos 65 DAA e aos 80 DAA os frutos estavam 100 % amarelos, porém opacos e com menos firmeza de polpa (APENDICE C). A extração das sementes foi manual, cortando-se os frutos no sentido longitudinal e as sementes foram colocadas sobre pratos de barro para secar por um dia.

As características avaliadas nas sementes foram o teor de água, massa de mil sementes, germinação, vigor (primeira contagem do teste de germinação e índice de velocidade de germinação), a atividade das enzimas SOD, CAT e POD, a peroxidação lipídica (LIP) e o teor de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). Todas as avaliações foram realizadas sem o beneficiamento das sementes.

O teor de água nas sementes foi aferido imediatamente após a sua extração, pelo método da estufa a  $105^{\circ}C$ , conforme as recomendações de Brasil (2009). Após este processo, as demais sementes foram colocadas em câmara seca (40 % UR e  $20^{\circ}C$ ), a fim de uniformizar o teor de água em aproximadamente 8 %, para as outras avaliações.

Para a massa de mil sementes foram amostradas oito repetições de 100 sementes de cada parcela experimental e determinada a massa, através da pesagem em balança de precisão de 0,0001, expresso em gramas (BRASIL, 2009).

Para o teste de germinação as sementes foram colocadas para germinar em caixa plástica tipo gerbox contendo papel germitest, que foi umedecido com água destilada em duas vezes e meia sua massa seca e acondicionadas em câmara de germinação tipo BOD sob temperaturas alternadas de  $20-30^{\circ}C$ , com quatro repetições de 50 sementes, sendo a avaliação feita aos 14 dias após a semeadura (DAS) (BRASIL, 2009).

O teste de vigor foi avaliado através da primeira contagem do teste padrão de germinação (PCG), realizada aos sete DAS, de acordo com Brasil (2009) e também através do índice de velocidade de germinação (IVG), que foi avaliado durante o teste de germinação, com valores de sementes germinadas dia a dia, através da somatória do número de plântulas emergidas em cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, conforme Maguire (1962). As avaliações foram diárias e realizadas sempre no mesmo horário até o 14º DAS.

Para as análises bioquímicas as sementes foram congeladas em nitrogênio líquido, a fim de paralisar todas as reações, e a seguir, mantidas em ultrafreezer a temperatura de - 80°C. A extração enzimática foi realizada de acordo com metodologia proposta por Kar e Mishra (1976). Para calcular a atividade das enzimas SOD, CAT e POD é necessário determinar o teor de proteínas solúveis totais que foi feito através do método proposto por Bradford (1976).

A SOD foi determinada de acordo com metodologia proposta por Beauchamp e Fridovich (1971), adaptada por Bor et al. (2003). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 560 nm. Uma unidade de SOD é definida como a atividade da enzima necessária para a inibição de 50% da fotoredução do *nitroblue tetrazolium* (NBT). Para o cálculo da atividade específica da enzima considera-se a porcentagem de inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína na amostra, sendo a atividade expressa em  $\text{mg}^{-1}$  de proteína.

A POD foi determinada de acordo com metodologia proposta por Teisseire e Guy (2000). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 430 nm. Para calcular a atividade específica da enzima foi utilizado o seu coeficiente de extinção molar ( $2,5 \text{ mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) e a atividade expressa em  $\mu\text{mol}$  de purpurogalina  $\text{min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  de proteína.

A CAT foi determinada de acordo com metodologia proposta por Peixoto et al. (1999). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 240 nm do 0 aos 80 segundos, a fim de verificar quanto ocorreu de decréscimo na absorvância. Para calcular a atividade específica da enzima foi utilizado o coeficiente de extinção molar do  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $39,4 \text{ mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) e a atividade expressa em  $\text{nmol}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  consumido  $\text{min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  proteína.

A LIP foi determinada segundo metodologia de Heath e Packer (1968), citados por Rama Devi e Prasad (1998). Para os cálculos utilizou-se o coeficiente de

extinção molar do malondialdeído (MDA) ( $155 \text{ mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) e os resultados foram expressos em MDA  $\text{nmol g}^{-1}$  massa fresca<sup>-1</sup> (MS).

O teor de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foi determinado através da reação de iodeto de potássio (KI) de acordo com metodologia de Alexieva (2001). A determinação do teor de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foi realizada em espectrofotômetro a 390 nm e da elaboração de curva-padrão de calibração construída a partir da solução de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e os resultados expressos em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  MS.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) para comparar o repouso, ou não, dos frutos pós-colheita e de regressão ( $p < 0,005$ ) para verificar os efeitos dos períodos de maturação nas características avaliadas, por meio do programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2010). Também foi realizada análise de correlação de Pearson ( $p < 0,001$  e  $p < 0,005$ ) entre as características avaliadas utilizando o programa Minitab® 2017. As análises foram realizadas para cada genótipo separadamente.

### **1.3 Resultados e discussões**

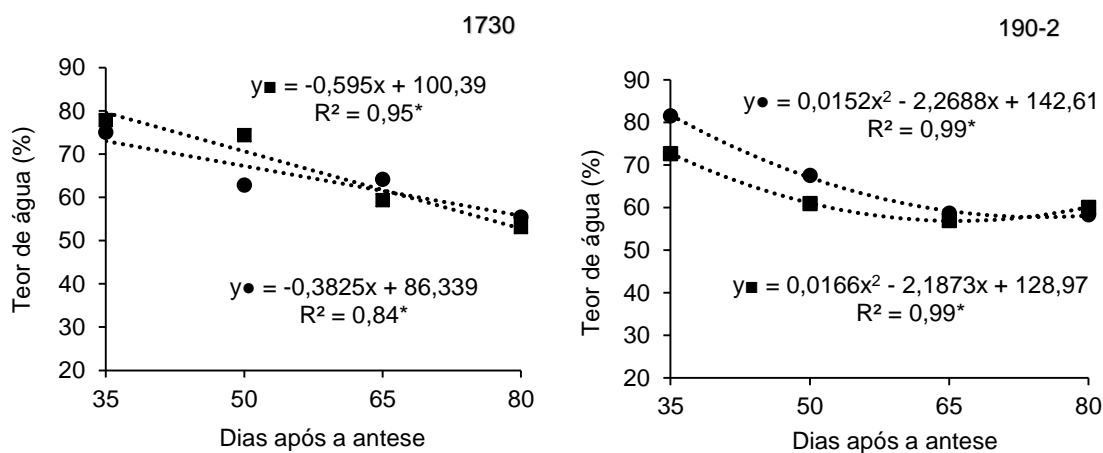
A interação entre os fatores estádios de maturação e repouso pós-colheita dos frutos não foi significativa para todas as características avaliadas, portanto, foram analisados os efeitos separados dos fatores.

#### **1.3.1 Teor de água das sementes**

Observa-se que os teores de água das sementes de frutos com 35 DAA, com e sem o repouso dos frutos, mostrou-se elevado para os dois genótipos (Figura 1), indicando que essas sementes encontravam-se imaturas, pois de acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), durante a formação das sementes o teor de água inicial é elevado, em torno de 70 a 80 %. O elevado teor de água inicial também pode ser justificado pelo fato da semente necessitar de um meio aquoso para sintetizar e metabolizar materiais de reserva (MARROCOS et al., 2011).

O teor de água das sementes do genótipo 1730 ajustou-se ao modelo linear decrescente em função da idade dos frutos, com mínimo de 56 % e 53 % aos 80 DAA, sem e com o repouso dos frutos, respectivamente (Figura 1). Para o genótipo 190-2, o efeito foi quadrático, com mínimos de 58 % aos 75 DAA, sem o repouso dos frutos e de 57 % aos 66 DAA, com o repouso, estabilizando-se após estas idades (Figura 1).

**Figura 1 - Teor de água nas sementes de pimentão dos genótipos 1730 e 190-2 em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**



Por se tratar de fruto carnoso, as sementes ao atingirem a maturidade fisiológica mantêm o teor de água elevado quando ainda dentro do fruto, cerca de 35 a 40 % (TEKRONY; EGLI, 1997; VIDIGAL et al., 2009), além de que, as sementes não sofrem grandes oscilações da umidade relativa do ar, por estarem protegidas dentro do fruto. Entretanto, esse teor está abaixo do necessário para desencadear o processo de germinação (WELBAUM; BRADFORD, 1988; VIDIGAL et al., 2009). A determinação do teor de água é um fator importante no estudo de maturação de sementes, por ser considerado um dos indicativos de maturidade fisiológica. Entretanto, segundo Vidigal et al. (2011), este não é um bom indicador da maturidade, pois varia conforme o genótipo e as condições ambientais.

Nogueira et al. (2017), avaliando o teor de água em sementes de pimentão 'Magda' em função do desbaste de ramos e do estágio de maturação dos frutos, constataram variações de 52,2 % a 56,9 % aos 51 DAA e aos 70 DAA o teor foi de 54 %, ou seja, valores semelhantes aos mínimos observados na presente pesquisa. Vidigal et al. (2011) também observaram redução nos teores de água de 91 %, aos 20 DAA para 49 e 47 %, aos 55 e 75 DAA, respectivamente, em pimentão amarelo, sem o repouso dos frutos.

Em pimenta 'Dedo-de-Moça', o teor de água nas sementes variou de 65 % (15 DAA), sem repouso dos frutos, para 48 % (22 DAA), com repouso de 5 dias e 36 % (45 DAA) com repouso de 10 dias (PEREIRA et al., 2014). Abud et al. (2013) também constataram redução do teor de água nas sementes com o avanço do estágio de maturação, apresentando, respectivamente, aos 25, 70 e 100 DAA,

teores de 85, 39 e 14 % para a pimenta ‘Malagueta’ e 82, 36 e 15 % para a pimenta ‘Biquinho’. Redução no teor de água nas sementes foi verificada de forma similar por Queiroz et al. (2011), em pimenta ‘Habanero Yellow’, de frutos com repouso pós-colheita de 7 dias, passando de 67 % aos 50 DAA para 55 % aos 67 DAA.

Efeitos do estágio de maturação dos frutos no teor de água de sementes também são descritos em outras hortaliças frutos, como em abóbora ‘Jacarezinho’, onde aos 15 DAA as sementes apresentaram elevado teor de água (92 %), e aos 60 DAA o teor reduziu para 33,8 % (FIGUEIREDO NETO et al., 2014). Em sementes de pepino ‘Ômega’, Nakada et al. (2011) constataram redução do teor de água de 70 para 33 %, de frutos colhidos aos 30 e 45 DAA, respectivamente, com repouso de um dia. Também em pepino, cultivar Pérola, Barbedo et al. (1997) verificaram decréscimo no teor de água das sementes, passando de 82 % aos 20 DAA para 37 % aos 40 DAA, sem repouso dos frutos. Em maxixe, o teor de água das sementes também decresceu de 89,9 % aos 15 DAA para 50,6 % aos 40 DAA, sem o repouso dos frutos (MEDEIROS et al., 2010).

Quanto ao repouso pós-colheita dos frutos, o teor de água nas sementes do genótipo 1730 não apresentou diferenças. Entretanto, para o genótipo 190-2 o repouso dos frutos proporcionou menor teor de água, porém com redução de apenas 3,84 % (Tabela 1) em relação ao tratamento sem o repouso. O menor teor de água nas sementes com o repouso pós-colheita dos frutos, também foram relatados por Pereira et al. (2014) e Queiroz et al. (2011), com pimenta, Vidigal et al. (2006), com tomate e Barbedo et al. (1997), com pepino.

**Tabela 1 - Teor de água de sementes de pimentão dos genótipos 1730 e 190-2 em função do repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**

Repouso pós-colheita	Genótipo 1730	Genótipo 190-2
	-----%-----	
Sem	64,4a	66,6a
Com	66,2a	62,7b
CV (%)	8,1	3,2

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, para cada genótipo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Embora o teor de água das sementes diminua durante a maturação, em sementes de frutos carnosos a redução é menos acentuada do que em sementes

produzidas em frutos secos (BAREKE, 2018), sendo que os teores ficam próximos a 50 %, podendo-se obter maiores diferenças dependendo da espécie e das condições ambientais (BARBEDO et al., 2013). Nesta pesquisa o teor de água variou também com o repouso pós-colheita dos frutos apenas para o genótipo 190-2, mostrando que as sementes continuam perdendo água após a colheita dos frutos, porém essa perda não ocorre em todos os genótipos.

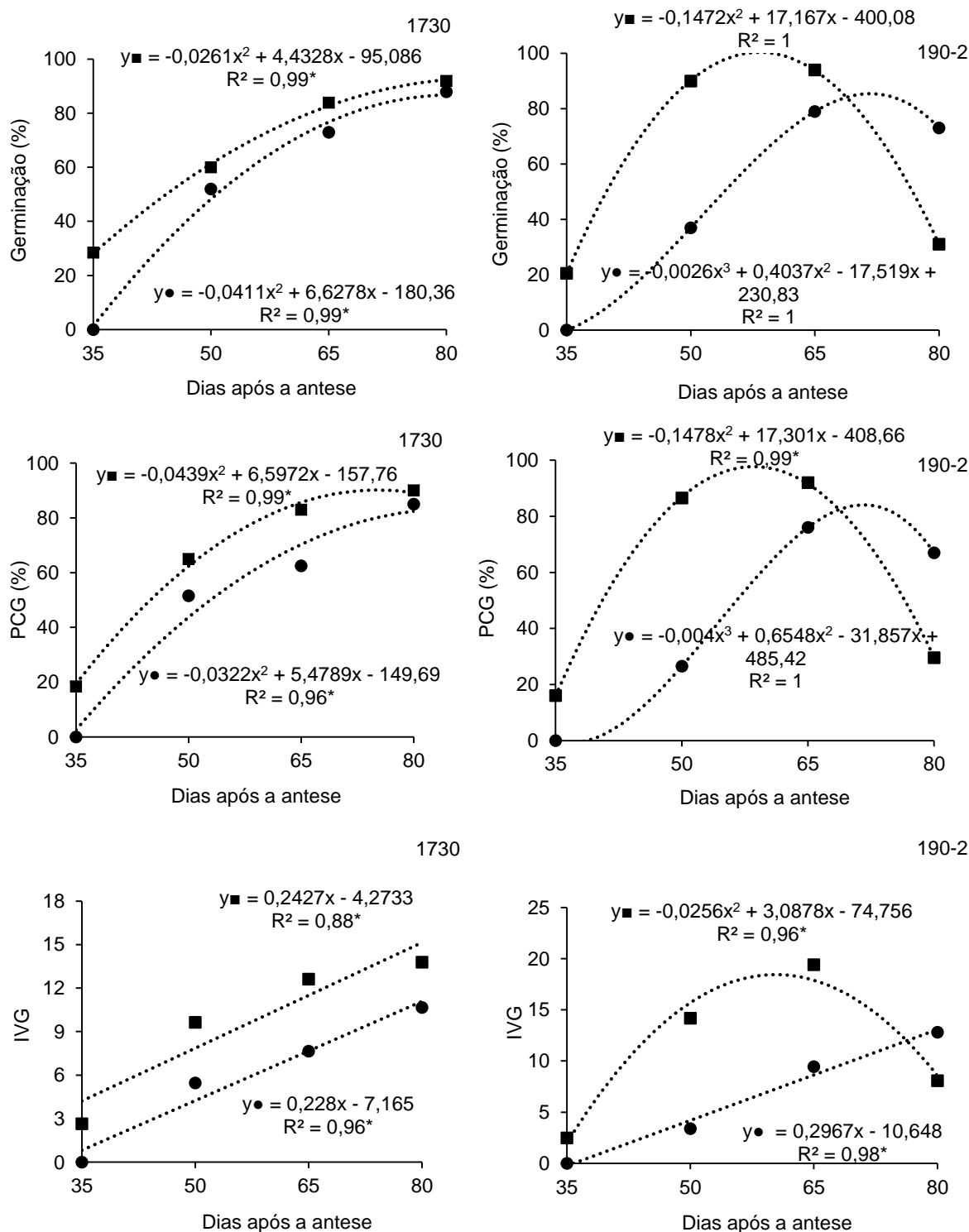
### 1.3.2 Qualidade fisiológica

Para a germinação e a primeira contagem no genótipo 1730 os dados ajustaram-se ao modelo quadrático em função da idade dos frutos, com valores máximos estimados de 87 e 83 %, aos 80 DAA, respectivamente, sem o repouso dos frutos. Com repouso, os valores máximos foram estimados em 93 e 90 %, obtidos aos 80 e 75 DAA, respectivamente. Quanto ao IVG foram observados aumentos lineares com máximos estimados aos 80 DAA de 11,1 e 15,1, sem e com o repouso dos frutos, respectivamente (Figura 2).

As médias de germinação e PCG do genótipo 190-2 no tratamento sem repouso dos frutos responderam de forma cúbica ao estágio de maturação dos frutos com máximos de 92 e 93 %, ambos aos 72 DAA. Quanto ao IVG obteve-se aumento linear sem o repouso dos frutos, com máximo de 13,1, aos 80 DAA. No tratamento com repouso, a germinação, PCG e IVG tiveram respostas quadráticas com máximos de 100 %, 98 % e 18,3, aos 58, 58 e 60 DAA, respectivamente (Figura 2). Houve drástica redução da germinação e vigor aos 80 DAA para o genótipo 190-2, com o repouso dos frutos, devido a germinação de parte das sementes ocorrer dentro do fruto, ou seja, ocorreu viviparidade. Sem o repouso, foram poucas as sementes que germinaram no fruto, no entanto, iniciaram-se a deterioração das mesmas, pois a partir dos 72 DAA houve redução da germinação e vigor.

Aos 35 DAA, sem repouso pós-colheita dos frutos a germinação foi nula para os dois genótipos, e mesmo com o repouso a germinação não atingiu 30 % (Figura 2), indicando a imaturidade das sementes nesse período de maturação.

**Figura 2 - Germinação, primeira contagem do teste de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) dos genótipos 1730 e 190-2 em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**



No genótipo 1730 a máxima germinação foi atingida aos 80 DAA e o vigor aos 75 DAA, com o repouso dos frutos (Figura 2). Nestes estádios os frutos possuíam

coloração completamente amarelada, porém opacos e menor firmeza de polpa. Por outro lado, no genótipo 190- 2 a máxima germinação e vigor foram alcançadas, ambos aos 58 DAA, respectivamente (Figura 2), com o repouso dos frutos, quando os frutos apresentavam a transição da coloração verde para o amarelo.

Sabendo que a comercialização de sementes depende dos padrões mínimos de germinação e vigor, reforça-se a importância da colheita dos frutos com máxima qualidade de sementes, sendo que, conforme observado nesta pesquisa, podem variar conforme o genótipo. Os valores de germinação dos dois genótipos nos melhores tratamentos estão acima do mínimo aceito para comercialização (70 %) de sementes para o gênero *Capsicum*, de acordo com a portaria 457, de 18 de dezembro de 1986 (BRASIL, 1986) e com o projeto de Instrução Normativa de 5 de setembro de 2012 (BRASIL, 2012).

Nogueira et al. (2017) não encontraram diferença na germinação das sementes de pimentão ‘Magda’ em relação à maturação dos frutos e ao desbaste de ramos, com média de 94 % aos 51, 60 e 70 DAA. Vidigal et al. (2011) mostraram que a porcentagem máxima de germinação (88 %) e PCG (56 %) de sementes de pimentão amarelo são obtidas aos 75 DAA. Em pimenta ‘Dedo de Moça’, Pereira et al. (2014) obtiveram resposta quadrática para germinação e PCG em relação ao estágio de maturação e o repouso dos frutos, com máxima germinação de 31 % (5 dias de repouso) e 35 % (10 dias de repouso), aos 19 e 17 DAA, respectivamente, e PCG de 16 % (5 dias de repouso) e 49 % (10 dias de repouso), aos 38 e 23 DAA, respectivamente. Lima e Smirdele (2014) obtiveram maior germinação (93 %) e IVG (2,1) de sementes de pimenta ‘Malagueta’ na faixa de maturação entre 60 e 62 DAA, com repouso dos frutos por 10 dias. Yisa et al. (2013), trabalhando com as cultivares de pimenta Tswanboa e Yiringi, obtiveram maior germinação de 50 e 60 %, respectivamente, aos 48 DAA, sem repouso dos frutos. Sementes de pimenta ‘Habanero’ apresentam maior germinação (72 %) quando obtidas de frutos colhidos aos 67 DAA. As sementes dessa pimenta extraídas de frutos em épocas iniciais de desenvolvimento (50 e 60 DAA), praticamente não germinam, mesmo com repouso pós-colheita dos frutos por 7 dias (QUEIROZ et al., 2011).

Em pimentas ‘Malagueta’ e ‘Biquinho’, Abud et al. (2013) verificaram que aos 25 e 40 DAA as sementes não germinam e atingem máxima germinação de 86 % aos 71 DAA para pimenta ‘Malagueta’ e 89 % aos 79 DAA para pimenta ‘Biquinho’. A PCG dessas sementes é máxima aos 72 DAA para a pimenta ‘Malagueta’ (44 %) e

aos 65 DAA, para a 'Biquinho' (60 %). De acordo com os autores, ocorreu redução da germinação e vigor de ambas as pimentas aos 100 DAA. Por outro lado, o IVG para a pimenta 'Malagueta' aumentou progressivamente passando de 1,0 aos 55 DAA para 3,8 aos 100 DAA. Para a pimenta 'Biquinho', os acréscimos no IVG ocorreram entre 41 e 54 DAA, de 0,3 para 3,9, respectivamente. A germinação de sementes de pimenta 'Amarela Comprida', aos 40 DAA com e sem repouso dos frutos de três dias, foi nula, sendo crescente a partir de um período de repouso de seis dias, no entanto, os valores não ultrapassaram 40 %. A PCG é máxima quando os frutos passam por um período de repouso de 15 dias, com valores de 77 % (60 DAA) e 99 % (70 DAA) (VIDIGAL et al., 2009).

Também são encontrados trabalhos de maturação e repouso com outras espécies, principalmente, das famílias Solanaceae e Cucurbitaceae. Em berinjela, Passam et al. (2010) constataram que sementes de frutos colhidos aos 25 DAA, sem o repouso, resulta em germinação nula para as cultivares estudadas e somente adquirem alta germinação aos 45 ou 55 DAA, dependendo da cultivar. Quando os frutos passam por repouso de 20 dias, os frutos das cultivares Emi e Tsakoniki podem ser colhidos aos 35 DAA, pois suas sementes apresentam germinação de 96 e 100%, respectivamente, enquanto nas cultivares Black Beauty e Long Negro, aos 45 DAA, com germinação de 97 e 99 %, respectivamente.

Sementes de tomate extraídas de frutos sem repouso pós-colheita apresentaram germinação, PCG e índice de velocidade de emergência (IVE), de zero, aos 40 DAA, entretanto, com o repouso de 12 dias, atingiram valores de 98 %, 53 % e 2,6, respectivamente. Aos 50 DAA a germinação, PCG e IVE atingiram valores máximos quando os frutos passam por repouso de 8 dias e aos 60 DAA a germinação e PCG são máximas com repouso de 4 dias (VIDIGAL et al., 2006).

Em sementes do híbrido de abóbora 'Jabras', Silva et al. (2017) obtiveram germinação máxima aos 75 DAA, passando de 84%, no tratamento sem repouso dos frutos para 97 % com o repouso de 20 dias. O mesmo aconteceu com a PCG, onde o aumento passou de 84 para 100 %, aos 60 DAA com o repouso. Sementes de abóbora 'Jacarezinho' apresentaram maior germinação de 37 % (50 DAA) e 47 % (60 DAA) com repouso dos frutos por 30 dias (FIGUEIREDO NETO et al., 2014). Sementes de pepino 'Ômega' atingem máxima germinação (100 %) aos 45 e 50 DAA, entretanto, o IVG é máximo aos 55 DAA, com média de 8,9, em relação aos 45 e 50 DAA que foram de 6,1 e 6,9, respectivamente (NAKADA et al., 2011). Barbedo

et al. (1997) obtiveram aumentos crescentes de germinação e PCG em sementes de pepino 'Pérola', sendo que aos 20 DAA as médias passaram de 0 nos frutos sem repouso para 36,5 % e 30 % com 15 dias de repouso pós-colheita, enquanto que aos 45 DAA, passaram de 45 % e 9 % sem o repouso para 74 % e 44 % com repouso dos frutos. Medeiros et al. (2010), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de maxixe 'Norte' em função da maturação dos frutos, observaram que o percentual de germinação aumentou gradativamente, sendo maior (90 %) aos 30 DAA, e a PCG passou de 42%, aos 15 DAA para 84 % aos 32 DAA.

Para as características germinação, PCG e IVG foram obtidos maiores médias para os dois genótipos com repouso pós-colheita (Tabela 2).

**Tabela 2 - Germinação, primeira contagem do teste de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de pimentão do genótipo 1730 e 190-2 em função do repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**

Genótipo 1730			
Repouso pós-colheita	Germinação	PCG	IVG
-----%-----			
Sem	54b	50b	5,9b
Com	66a	64a	9,7a
CV (%)	8,2	12,7	22,8
Genótipo 190-2			
Sem	47b	42b	6,4b
Com	59a	56a	11,0a
CV (%)	9,0	14,6	18,2

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, para cada genótipo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados enfatizam a importância do repouso pós-colheita dos frutos antes da extração, pois pode possibilitar a melhoria da qualidade das sementes, como comprovados neste trabalho para sementes de pimentão dos dois genótipos e, também, em sementes de pimenta nos trabalhos de Pereira et al. (2014), Lima e Smirdeli (2014), Queiros et al. (2011) e Vidigal et al. (2009), em berinjela por Passam et al. (2010), em tomate, por Vidigal et al. (2006), em abóboras, por Silva et al. (2017) e Figueiredo Neto et al. (2014) e em pepino por Barbedo et al. (1997).

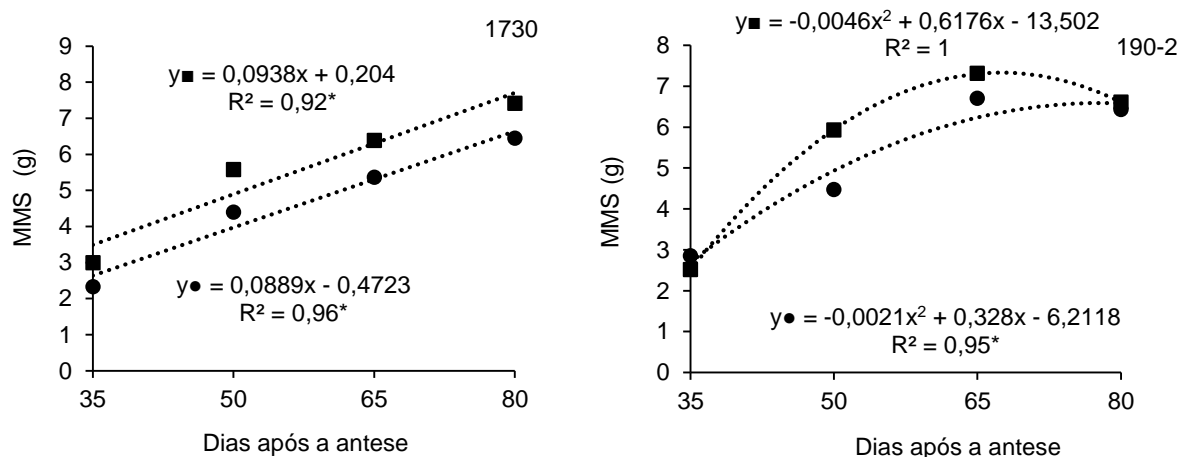
O repouso pós-colheita dos frutos se torna importante, principalmente, em espécies com hábito de crescimento indeterminado, como o pimentão, pois permite minimizar a desuniformidade gerada pelo florescimento contínuo (BARBEDO et al.,

1994) e, assim, possibilitar a completa maturação das sementes e expressão máxima do seu potencial fisiológico (VIDIGAL et al., 2006). Além do mais, o repouso pode permitir um menor número de colheitas e colheitas precoces, diminuindo, dessa forma, a exposição das sementes às intempéries e aos ataques de pragas e micro-organismos no campo (BARBEDO et al., 1994).

### 1.3.3 Massa de mil sementes

A massa de mil sementes (MMS) do genótipo 1730 apresentou aumentos lineares com a idade dos frutos, alcançando valores máximos de 6,6 e 7,7 g aos 80 DAA, nos tratamentos sem e com repouso pós-colheita dos frutos, respectivamente (Figura 3). Para o genótipo 190-2, a MMS ajustou-se ao modelo quadrático, com máximos valores estimados em 6,5 e 7,2 g aos 67 e 77 DAA, nos tratamentos sem e com o repouso dos frutos, respectivamente.

**Figura 3 - Massa de mil sementes (MMS) dos genótipos 1730 e 190-2 em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**



Sementes de quatro cultivares de berinjela quando colhidas em estádios iniciais de desenvolvimento (25 DAA) apresentam valores baixos de MMS variando, dependendo da cultivar, de 1,0 a 2,4 g sem o repouso dos frutos e de 1,4 a 3,2 g com o repouso. A MMS é máxima aos 55 DAA com valores de 5,4 a 6,0 g sem o repouso dos frutos e de 4,9 a 6,2 g, com o repouso, conforme a cultivar (PASSAM et al., 2010).

Em pimenta 'Dedo-de-Moça', Pereira et al. (2014) obtiveram resposta quadrática para a MMS com máxima massa estimada em 7,9 g aos 28 DAA sem o repouso dos

frutos e 7,7 g aos 21 DAA, com o repouso de 5 dias e de 6,9 g aos 12 DAA com repouso de 10 dias.

Aumentos na MMS de sementes de pimenta também foram obtidos por Yisa et al. (2013) com avanço da maturação dos frutos de 16 para 48 DAA, passando de 1,4 para 3,3 g na cultivar Tswanboa e de 1,1 g para 3,4 g na Yiringi. Também Vidigal et al. (2011) relataram aumentos crescentes na MMS até aos 75 DAA em pimenta 'Amarela Comprida'.

Os baixos valores de MMS obtidos nos estádios iniciais de maturação aos 35 e 50 DAA podem ser justificados, segundo Pereira et al. (2014), pelo elevado teor de água que tende a declinar com a idade dos frutos. A medida que as sementes perdem água ocorre a substituição pelas reservas sintetizadas (MARCOS FILHO, 2005), representada por proteínas, açúcares, lipídios e outras substâncias, até atingir valor máximo de matéria seca, quando cessa a translocação planta-semente (DIAS, 2005).

O repouso pós-colheita dos frutos também proporcionou maiores MMS para os dois genótipos (Tabela 3).

**Tabela 3 - Massa de mil sementes de sementes de pimentão dos genótipos 1730 e 190-2 em função do repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**

Repouso pós-colheita	Genótipo 1730	Genótipo 190-2
	-----g-----	
Sem	4,6b	5,1b
Com	5,6a	5,6a
CV (%)	4,4	3,1

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, para cada genótipo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Passam et al. (2010) com sementes de berinjela, no entanto, os autores ressaltam que pode não haver diferença de acordo com a cultivar. Pereira et al. (2012), estudando sementes de pimenta 'Dedo-de-Moça', obtiveram redução da MMS com o repouso pós-colheita dos frutos de cinco e dez dias em comparação a ausência de repouso dos frutos. Por outro lado, Barbedo et al. (1997) não obtiveram diferenças na MMS de pepino com o repouso dos frutos.

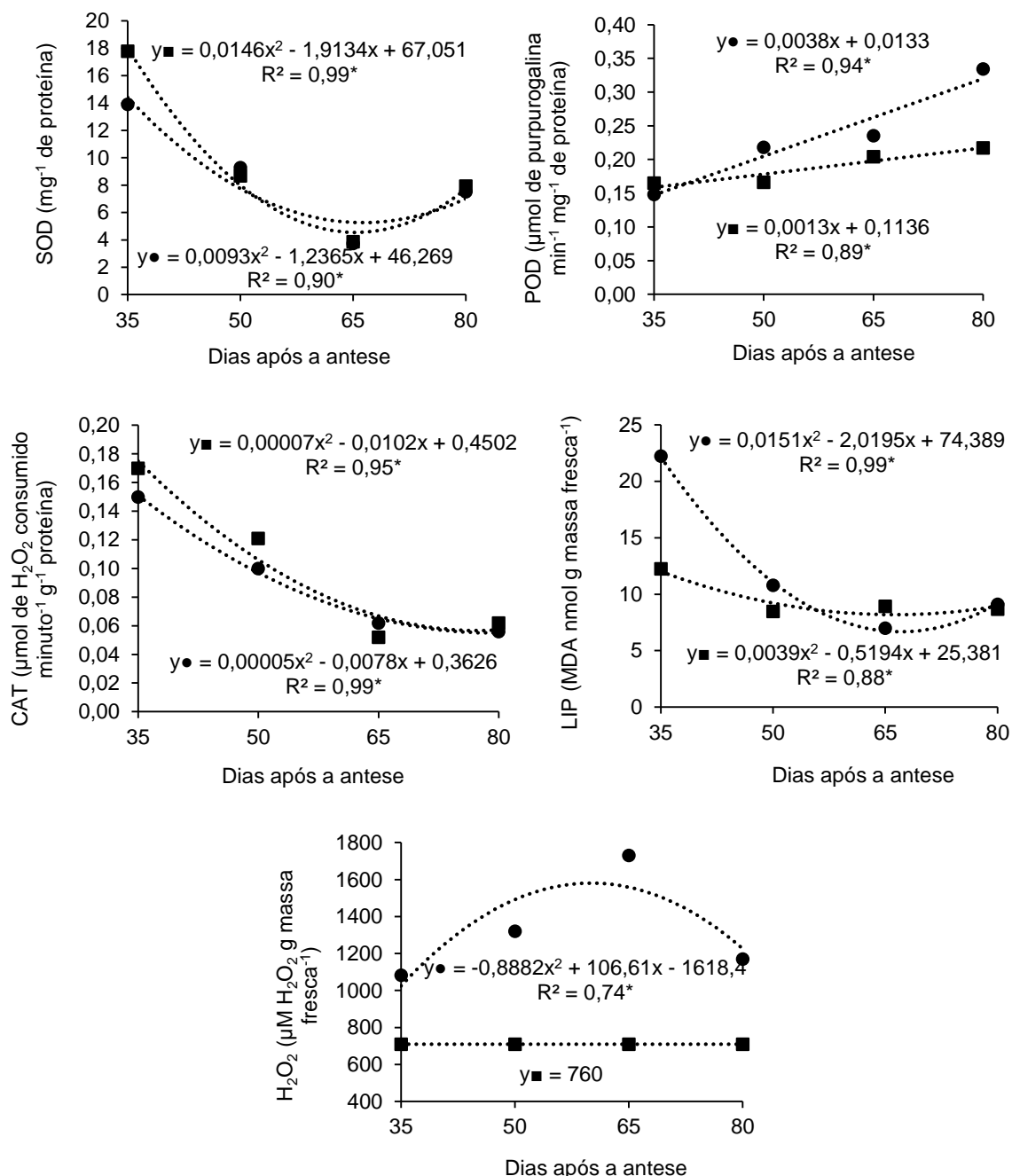
O repouso dos frutos antes da extração permite que as sementes completem sua maturação fisiológica alcançando máximo vigor e germinação, pois o processo de maturação continua após a colheita (SILVA; ARAÚJO; VIGGIANO, 2009; NAKADA-FREITAS et al., 2019). Desse modo, as reservas continuam sendo metabolizadas, possibilitando ganhos em massa de sementes.

#### **1.3.4 Análises bioquímicas**

A atividade das enzimas SOD e CAT e a LIP do genótipo 1730 se ajustaram ao modelo quadrático em função da idade dos frutos, tanto com como sem repouso pós-colheita dos frutos (Figura 4). As atividades das enzimas, bem como a degradação da membrana, foram altas aos 35 DAA, decrescendo até um determinado estágio de maturação dos frutos, sendo estimadas as mínimas médias de  $5,2 \text{ mg}^{-1}$  de proteína,  $0,06 \text{ } \mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ consumido minuto}^{-1} \text{ g}^{-1}$  proteína e  $6,9 \text{ MDA nmol g massa fresca}^{-1}$ , aos 66, 78 e 73 DAA para SOD, CAT e LIP, respectivamente no tratamento sem o repouso dos frutos. Com repouso as menores médias foram de  $4,4 \text{ mg}^{-1}$  de proteína,  $0,08 \text{ } \mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ consumido minuto}^{-1} \text{ g}^{-1}$  proteína e  $8,1 \text{ MDA nmol g massa fresca}^{-1}$ , aos 66, 73 e 67 DAA, respectivamente (Figura 4).

Apesar de apresentarem a mesma tendência (quadrática), a LIP com repouso pouco variou ao longo do estágio de maturação, passando de  $11,9 \text{ MDA nmol g massa fresca}^{-1}$  aos 35 DAA até o mínimo de  $8,1 \text{ MDA nmol g massa fresca}^{-1}$ , aos 67 DAA, enquanto que sem repouso, a variação foi maior, passando de  $22,2 \text{ MDA nmol g massa fresca}^{-1}$ , aos 35 DAA até o mínimo de  $6,9 \text{ MDA nmol g massa fresca}^{-1}$ , aos 73 DAA.

**Figura 4 - Atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD) e catalase (CAT), peroxidação lipídica (LIP) e teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) em sementes de pimentão do genótipo 1730, em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**



A atividade da enzima POD aumentou com a idade dos frutos, tanto com como sem repouso, com máximos valores aos 80 DAA estimados em 0,32 μmol de purpurogalina min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína no tratamento sem repouso dos frutos e de 0,22 μmol de purpurogalina min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína, com o repouso (Figura 4).

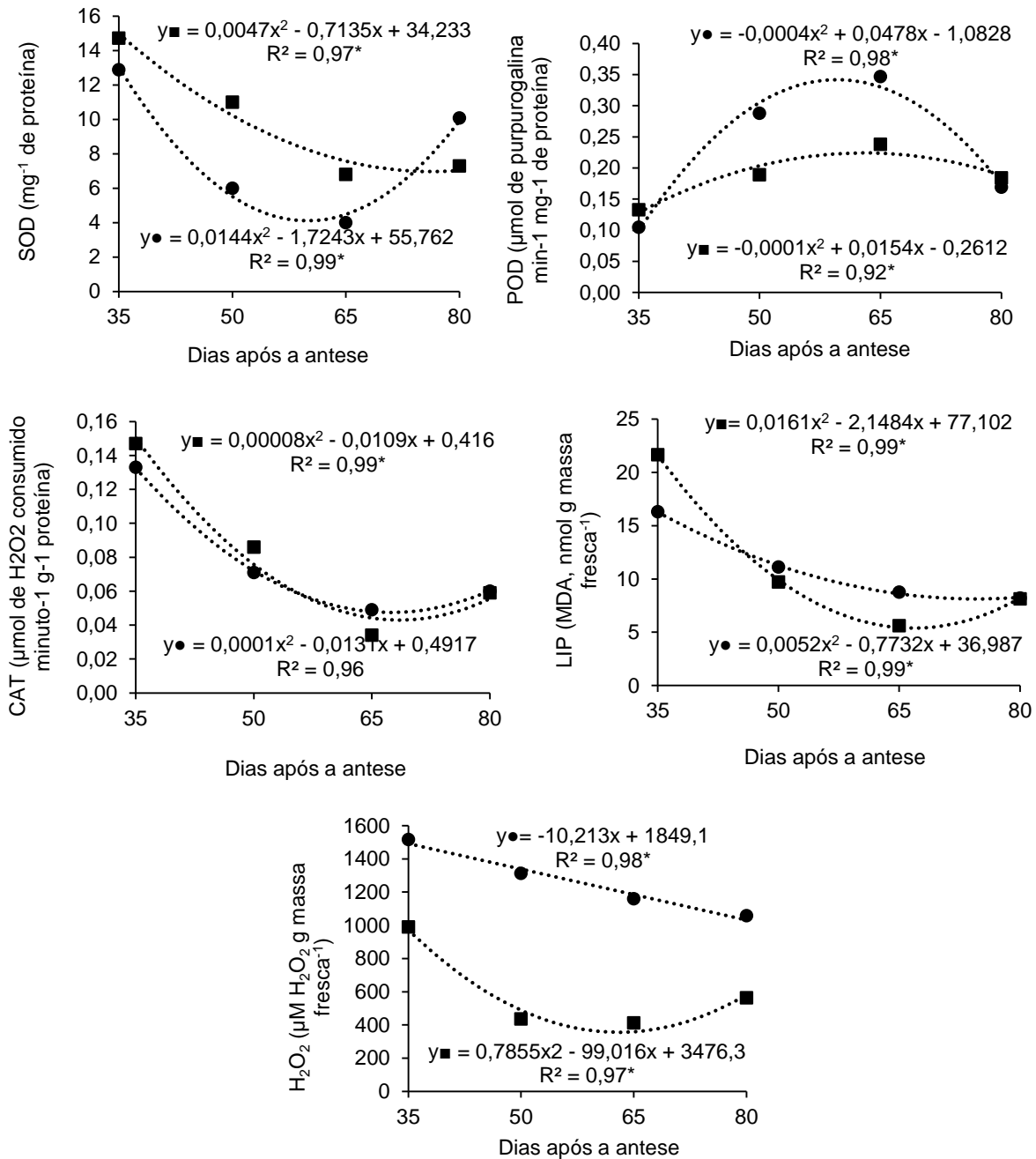
Aumentos nas atividades da SOD e POD, especialmente no estágio inicial de maturação de sementes, indicam aumento no estresse oxidativo para regular o nível de EROs (HE; GAO, 2008). Também aumentos na atividade da CAT representam maior capacidade de eliminar o  $H_2O_2$  (SIRI et al., 2013), provavelmente por ser a principal enzima envolvida na remoção de peróxido de hidrogênio (WILLEKENS et al., 1995). No entanto, a CAT só é ativa em concentrações relativamente elevadas de peróxido de hidrogênio (DUBEY, 2011), sendo assim pode se inferir que a enzima que atuou durante o processo de maturação das sementes dos 50 aos 80 DAA possivelmente foi a POD.

O teor de  $H_2O_2$  também se ajustou ao modelo quadrático sem o repouso dos frutos, com máximo estimado em  $1580,7 \mu M H_2O_2$  g massa fresca<sup>-1</sup>, aos 60 DAA (Figura 4). No tratamento com repouso dos frutos não houve diferença quanto ao estágio de maturação, com média de  $760 \mu M H_2O_2$  g massa fresca<sup>-1</sup>. Dessa forma, pode-se supor que, para este material genético, o teor de  $H_2O_2$  é estável entre os estádios de maturação para aquelas sementes cujos frutos passaram por um período de repouso.

No genótipo 190-2, a atividade da enzima SOD, CAT e a LIP se ajustaram ao modelo quadrático em função da idade dos frutos, tanto sem como com o repouso dos frutos, apresentando alta atividade e degradação da membrana aos 35 DAA, que foram reduzindo até um determinado estágio de maturação dos frutos, sendo estimadas as mínimas médias de  $4,2 mg^{-1}$  de proteína,  $0,06 \mu mol$  de  $H_2O_2$  consumido minuto<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> proteína e  $8,3 MDA$  nmol g massa fresca<sup>-1</sup>, aos 60, 65 e 74 DAA para a SOD, CAT e a LIP, respectivamente, sem o repouso dos frutos. Com o repouso as menores médias foram estimadas em  $7,2 mg^{-1}$  de proteína,  $0,04 \mu mol$  de  $H_2O_2$  consumido minuto<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> proteína e  $5,4 MDA$  nmol g massa fresca<sup>-1</sup> aos 76, 68 e 67 DAA, respectivamente (Figura 5).

A degradação da membrana avaliada pela peroxidação lipídica apresentou pouca variação ao longo do período de maturação, passando de  $16,3 MDA$  nmol g massa fresca<sup>-1</sup> aos 35 DAA até o mínimo de  $8,3 MDA$  nmol g massa fresca<sup>-1</sup>, aos 74 DAA, sem o repouso dos frutos, enquanto, que com o repouso, a variação foi o dobro, passando de  $21,6 MDA$  nmol g massa fresca<sup>-1</sup>, aos 35 DAA até o mínimo de  $5,4 MDA$  nmol g massa fresca<sup>-1</sup>, aos 67 DAA (Figura 5).

**Figura 5 - Atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD) e catalase (CAT), peroxidação lipídica (LIP) e teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) em sementes de pimentão do genótipo 190-2, em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017. São Manuel-SP, 2017.**



A POD no tratamento sem e com o repouso dos frutos tiveram respostas quadráticas, com atividades máximas de 0,35 e 0,22 μmol de purpurogalina min<sup>-1</sup>, aos 60 e 65 DAA, respectivamente (Figura 5). Apesar da POD ter apresentado tendência quadrática, semelhante a SOD e LIP, sua atividade estava baixa aos 35 DAA e aumentou até um determinado estágio de maturação, talvez devido a

presença de outros tipos de EROs, pois o teor de peróxido de hidrogênio do genótipo 190-2 reduziu com o avanço do estágio de maturação.

O teor de peróxido de hidrogênio teve comportamento linear decrescente sem o repouso dos frutos, com mínimos de 1032,1  $\mu\text{M H}_2\text{O}_2$  g massa fresca<sup>-1</sup> na maior idade (80 DAA). No tratamento com repouso a resposta foi quadrática, com teor mínimo de 355,9  $\mu\text{M H}_2\text{O}_2$  g massa fresca<sup>-1</sup> aos 63 DAA (Figura 5).

Como discutido no item germinação, para o genótipo 190-2 ocorreu a germinação das sementes dentro do fruto, sendo essa germinação mais pronunciada com o repouso dos frutos. Levando esse fato em consideração e observando os pontos do gráfico da figura 5 para o  $\text{H}_2\text{O}_2$ , nota-se tendência de aumento no teor de  $\text{H}_2\text{O}_2$  com repouso dos frutos, pois, segundo Bailly (2004), a reativação do metabolismo das sementes é uma importante fonte de EROs.

Comparando os resultados das enzimas dos dois genótipos com os de outras pesquisas observa-se semelhanças em relação aos obtidos por Silva et al. (2017), em sementes de abóbora 'Jabras', onde obtiveram alta atividade das enzimas SOD, CAT e POD aos 15 DAA, quando as sementes encontravam-se imaturas. A atividade dessas enzimas foi reduzindo com o aumento do estágio de maturação, sendo obtidas menores atividades nas sementes de frutos com o repouso. Em sementes de pepino 'Ômega', Nakada et al. (2011) também obtiveram aumento da atividade da CAT e SOD dos 30 aos 45 DAA, provavelmente porque as sementes ainda estavam em processo de formação e, segundo os autores, pelo fato do processo de desidratação ser considerado um fator de estresse e proporcionar a formação de radicais livres.

Vidigal et al. (2009) não obtiveram resposta enzimática em sementes de pimenta 'Amarela Comprida' aos 40 e 50 DAA, que pudesse ser associada ao estágio de maturação, entretanto, houve pequeno aumento na atividade da SOD em sementes obtidas de frutos colhidos a partir de 50 DAA e armazenados por 6 dias. Para a POD, os autores não conseguiram estabelecer uma associação entre a atividade da enzima nas sementes com o estágio de maturação e repouso dos frutos, no entanto, nesta pesquisa foi constatado uma possível relação dessa enzima com estágio de maturação das sementes. Caixeta et al. (2014), avaliando a atividade da enzima SOD em sementes de pimenta 'Habenero', obtiveram maior e menor atividade da enzima quando os frutos foram colhidos com os primeiros sinais de amarelecimento e completamente maduros, respectivamente.

Os altos valores de LIP e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aos 35 DAA obtidos nos tratamentos sem e com o repouso dos frutos do genótipo 109-2 devem estar associados ao fato de que as sementes ainda estavam em processo de formação, representando uma condição de estresse, conseqüentemente, desorganização do sistema de membrana, o que resultou em nula e baixa germinação e vigor das sementes (Figura 2).

Comparando o repouso pós-colheita dos frutos, o genótipo 1730 teve menor atividade das enzimas SOD e CAT sem o repouso, em contrapartida, houve menor degradação da membrana, determinada pela LIP e menor teor de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, com o repouso dos frutos. Para o genótipo 190-2, também foi obtido menor atividade da enzima SOD sem o repouso dos frutos, entretanto o teor de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foi o dobro, quando comparado com o tratamento com repouso (Tabela 4).

**Tabela 4 - Atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) (U mg<sup>-1</sup> de proteína), peroxidase (POD) (µmol de purpurogalina min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína) e catalase (CAT) (µmol de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> consumido minuto<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> proteína), peroxidação lipídica (LIP) (MDA, nmol g massa fresca<sup>-1</sup>) e teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (µM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> g massa fresca<sup>-1</sup>) em sementes de pimentão dos genótipos 1730 e 190-2, em função do repouso pós-colheita dos frutos. São Manuel-SP, 2017.**

Genótipo 1730					
Repouso pós-colheita	SOD	POD	CAT	LIP	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Sem	8,3b	0,24a	0,08b	12,7a	1325,5a
Com	9,4a	0,18b	0,10a	9,3b	760,5b
CV (%)	6,7	3,9	8,7	6,4	4,4
Genótipo 190-2					
Sem	8,2b	0,19a	0,08a	11,1a	1284,1a
Com	10,3a	0,18a	0,08a	11,4a	626,6b
CV (%)	6,2	5,7	22,9	7,2	6,8

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, para cada genótipo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O repouso dos frutos pós-colheita possibilitou menor estresse oxidativo, provavelmente, pelo baixo teor de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para os dois genótipos e um menor dano na membrana, para o genótipo 1730, em relação ao tratamento sem repouso (Tabela 4). De acordo com Silva et al. (2017), uma possível explicação para isso é que com o período de repouso, as sementes têm mais tempo para completar sua maturação, melhorando a qualidade fisiológica e preservando a qualidade das sementes maduras, que permanecem em equilíbrio osmótico dentro do fruto.

A peroxidação lipídica, bem como o acúmulo de EROs durante a formação das sementes, tiveram interferência dos estádios de maturação, bem como do repouso pós-colheita dos frutos, além de variar conforme o genótipo, embora as plantas, a qual deram origem as sementes, tenham sido cultivadas nas mesmas condições ambientais.

#### **1.3.5 Análise de correlação para os genótipos 1730 e 190-2.**

Tanto para o genótipo 1730 (Tabela 5) como para o 190-2 (Tabela 6) o teor de água das sementes apresentou correlação negativa com a germinação, vigor (PCG e IVG) e MMS, ou seja, a medida que o teor de água reduz, aumenta a qualidade fisiológica das sementes, bem como a massa de mil sementes. Esse fato já é conhecido na fisiologia de semente, conforme descrevem Carvalho e Nakagawa (2012), onde a germinação, o vigor e o conteúdo de matéria seca praticamente atingem o máximo no mesmo ponto em que o teor de água nas sementes decresce rapidamente.

**Tabela 5 - Correlação entre teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem do teste de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), massa de mil sementes (MMS), enzima superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD) e catalase (CAT), peroxidação lipídica (LIP) e teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), em sementes de pimentão do genótipo 1730. São Manuel-SP, 2017.**

	TA	G	PCG	IVG	MMS	SOD	POD	CAT	LIP	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
G	-0,71**									
PCG	- 0,68**	0,97**								
IVG	-0,62**	0,91**	0,94**							
MMS	-0,71**	0,95**	0,96**	0,93**						
SOD	0,58**	- 0,77**	- 0,78**	- 0,69**	- 0,75**					
POD	-0,67**	0,67**	0,63**	0,48**	0,58**	- 0,50**				
CAT	0,78**	-0,88**	-0,86**	-0,76**	-0,86**	0,90**	- 0,70**			
LIP	0,48**	-0,85**	-0,81**	-0,72**	-0,77**	0,64**	-0,49**	0,65**		
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-0,21	0,05	-0,03	-0,18	-0,09	-0,37*	0,42*	- 0,3	- 0,08	

\*\* e \* = significativo a 1% e 5%, respectivamente, pela análise de correlação de Pearson.

**Tabela 6 - Correlação entre teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem do teste de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), massa de mil sementes (MMS), enzima superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD) e catalase (CAT), peroxidação lipídica (LIP) e teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), em sementes de pimentão do genótipo 190-2. São Manuel-SP, 2017.**

	TA	G	PCG	IVG	MMS	SOD	POD	CAT	LIP	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
G	- 0,83**									
PCG	-0,81**	0,99**								
IVG	-0,81**	0,90**	0,92**							
MMS	-0,91**	0,80**	0,80**	0,83**						
SOD	0,62**	- 0,45**	- 0,42*	- 0,35*	- 0,70**					
POD	-0,47**	0,39*	0,32	0,33	0,42*	- 0,46**				
CAT	-0,30	0,45*	0,41*	0,30	0,27	-0,32	0,36			
LIP	0,79**	-0,70**	-0,70**	-0,74**	-0,93**	0,74**	- 0,54**	- 0,42**		
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,64**	-0,59**	-0,61**	-0,75**	-0,60**	0,10	-0,07	-0,29	0,46**	

\*\* e \* = significativo a 1% e 5%, respectivamente, pela análise de correlação de Pearson.

A enzima SOD e a LIP apresentaram correlação positiva para o teor de água nas sementes e negativa para germinação, vigor (PCG e IVG) e MMS para os dois genótipos (Tabelas 5 e 6). A correlação entre a enzima SOD com a germinação,

PCG, IVG e MMS dos dois genótipos indicam que em condições de alta qualidade fisiológica das sementes e aumento na MMS tem-se menor estresse oxidativo, conseqüentemente, baixa atividade da enzima da SOD e menor degradação de membrana.

A correlação negativa da LIP com a germinação, PCG, IVG e MMS para os dois genótipos mostra que com a maturação das sementes, as membranas sofrem menor degradação e há aumento da qualidade fisiológica das sementes, bem como a MMS. Correlação negativa entre a peroxidação lipídica e a germinação e vigor também foi observada por Kaewnaree et al. (2011) em sementes de pimenta e por Rao; Singh; Rai (2006) em sementes de cebola. Kumar et al. (2015) também constataram, em sementes de soja de genótipos de alto e baixo vigor, relação entre a capacidade de armazenamento e germinação dessas sementes com a LIP, onde a peroxidação foi maior no genótipo de baixo vigor, resultando na redução da germinação, conseqüentemente, baixa capacidade de armazenamento dessas sementes. Em sementes de rúcula, Ushahra e Malik (2014) verificaram alto nível de correlação entre a perda de viabilidade das sementes e o aumento das EROs e atribuiu a deterioração dessas sementes à possível perda do mecanismo de defesa antioxidante.

A LIP também mostrou correlação positiva com as enzimas SOD e CAT do genótipo 1730 (Tabela 5) e com a SOD do genótipo 190-2 (Tabela 6). Sempre que estiver ocorrendo algum dano na membrana, a atividade das enzimas estará alta para tentar combater a degradação e evitar que a semente se deteriore.

Por outro lado, a enzima POD apresentou correlação positiva para as características de qualidade fisiológica das sementes (G, PCG, IVG e MMS) para ambos os genótipos, embora nem sempre significativa para o genótipo 190-2 (Tabela 6). As diferenças de correlação da enzima POD podem estar relacionadas com a qualidade das sementes dos genótipos, pois os mesmos apresentavam padrões de qualidade diferentes. Desse modo, em algum momento durante os estádios de maturação das sementes, o genótipo 1730 teve necessidade da ativação da enzima POD para combater as EROs, pois, durante a redução do teor de água das sementes os processos de oxidação tendem a aumentar (OLIVER; BEWLEY, 1997; SILVA et al., 2017).

O peróxido de hidrogênio do genótipo 1730 expressou correlação apenas com as enzimas SOD e POD, sendo positiva e negativa, respectivamente (Tabela 5).

Para o genótipo 190-2 o  $H_2O_2$  apresentou correlação negativa com a germinação, vigor (PCG e IVG) e MMS (Tabela 6), mostrando que para esse genótipo a qualidade fisiológica e a MMS dependem de que o teor de  $H_2O_2$  seja baixo. No entanto, alguns estudos sobre fisiologia de sementes mostraram que as EROs também desempenham papéis cruciais na sinalização celular que sustenta a germinação e a quebra da dormência de sementes (KUMAR et al., 2015).

A correlação positiva do teor de  $H_2O_2$  com a LIP no genótipo 190-2 (Tabela 6) demonstra que quando se tem alta produção de espécies reativas de oxigênio a degradação da membrana é elevada. Desse modo, o teor de  $H_2O_2$  precisa de um equilíbrio para evitar ou prevenir o dano oxidativo.

Para a enzima CAT foram observadas correlações negativas para G, PCG, IVG e MMS e positiva para o teor de água no genótipo 1730 (Tabela 5) e positiva para G e PCG no genótipo 190-2 (Tabela 6). Provavelmente neste genótipo 190-2 foi preciso ativar a catalase que é considerada a última enzima da linha de defesa para amenizar os efeitos destrutivos dos radicais livres, sob condições de estresse causadas pelo avanço nos estádios de maturação e repouso pós-colheita dos frutos.

A atividade de algumas enzimas como a SOD e a CAT do genótipo 1730 (Tabela 5) e a SOD do genótipo 190-2 (Tabela 6) tiveram correlação positiva com o teor de água nas sementes. Durante a fase de maturação das sementes, a redução do teor de água, bem como o acúmulo de matéria seca, está associada ao alto potencial do sistema antioxidante em eliminar o  $H_2O_2$ , principalmente, devido às atividades das enzimas catalase e ascorbato peroxidase (GARA et al., 2003). Portanto, essas fases requerem que a produção e o acúmulo de EROs sejam rigidamente controlados para garantir a sobrevivência das sementes (KUMAR et al., 2015).

A diferença de correlação entre os materiais pode estar relacionada ao metabolismo dessas sementes que pode ser mais ou menos ativo, refletindo em maior ou menor atividade das enzimas, peroxidação lipídica e teor de  $H_2O_2$ . Além disso, as defesas antioxidantes, embora sejam universais, podem diferir de espécie para espécie (SAISANTHOSH et al., 2018) e como visto nessa pesquisa, podem diferir também entre genótipos da mesma espécie.

Outro fator que pode explicar essas diferenças é a ocorrência da viviparidade no genótipo 190-2, o que desencadeou a “deterioração” das mesmas, pois houve redução da germinação e vigor, a partir dos 65 DAA.

A atividade dos antioxidantes enzimáticos, como a SOD e a CAT, regula o sistema de defesa contra radicais oxidantes endógenos que podem ocorrer durante diferentes estádios de desenvolvimento da semente, como maturação, dessecação, armazenamento, germinação e envelhecimento (SAISANTHOSH et al., 2018). Desse modo, as enzimas atuam evitando o progresso de deterioração das sementes e mudanças em sua atividade podem ser indicação de perda de qualidade (COPELAND; MCDONALD, 1995; SAISANTHOSH et al., 2018).

#### 1.4 Conclusão

A melhor época para a colheita dos frutos do genótipo 1730 sem e com o repouso pós-colheita dos frutos é por volta dos 80 DAA e para o genótipo 190-2 sem o repouso dos frutos é aos 72 DAA e com o repouso, aos 58 DAA. Nesses estádios de maturação as sementes apresentam máxima germinação e vigor.

O repouso pós-colheita dos frutos proporcionou maior qualidade fisiológica para os dois genótipos, assim como maior massa de mil sementes e menor teor de peróxido de hidrogênio.

A atividade das enzimas SOD e CAT de ambos os genótipos, sem e com o repouso pós-colheita dos frutos, foram altas aos 35 DAA, em função da elevada peroxidação lipídica, reduzindo até aos 65 DAA.

#### REFERÊNCIAS

- ABUD, H. F. et al. Qualidade fisiológica de sementes das pimentas malagueta e biquinho durante a ontogênese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 12, p. 1546-1554, 2013.
- ALEXIAVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 24, p. 1337-1344, 2001.
- BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 14, n. 2, p. 93-107, 2004.
- BARBEDO, A. S. C. et al. Efeitos da idade e do período de repouso pós-colheita dos frutos sobre a qualidade de sementes de berinjela. **Horticultura Brasileira**, Brasília v. 12, n. 1, p.18-21, 1994.
- BARBEDO, C. J. et al. Efeito da idade e do repouso pós-colheita de frutos de pepino na semente armazenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 34, n. 5, p. 839-847, 1999.

- BARBEDO, C. J. et al. Qualidade fisiológica de sementes de pepino cv. pérola, em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 9, p. 905-913, 1997.
- BARBEDO, C. J.; CENTENO, D. C.; RIBEIRO, R. C. L. F. **Do recalcitrant seeds really exist?** *Hoehnea*, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 583-593, 2013.
- BAREKE, T. Biology of seed development and germination physiology. **Advances in Plants & Agriculture Research**, Edmond, v. 8, n. 4, p. 336-346, 2018.
- BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds. Physiology of development and germination. 3 ed. New York: **Plenum Press**, 2012. 392 p.
- BOR, M.; ÖZDEMİR, F.; TÜRKAN, I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Science**, Limerick, v. 164, n. 1, p. 77-84, 2003.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantifications of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Alexandria, v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 457, 18 de dezembro de 1986**. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, DF, 23 de 1986. p. 19653.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 111, 05 de setembro de 2012**. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, 05 de 2012. nº 173, Seção 1, p. 3.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRUNES, R. R. **Relações entre a qualidade fisiológica de sementes de pimentão e a variabilidade na produção de frutos**. 2013. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2013.
- CAIXETA, F. et al. Physiological and biochemical alterations during germination and storage of habanero pepper seeds. **African Journal of Agricultural Research**, Nigéria, v. 9, n. 6, p. 627-635, 2014.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Semente: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009. 1 CD-ROM.

DIAS, D. C. F. S. Maturação de sementes de hortaliças. IN: Curso sobre tecnologia de produção de sementes de hortaliças. Brasília. **Curso...** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 1 CD-ROM.

DUBEY, R.S. Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: GUPTA, S.D. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Enfield: Science Publishers, 2011. Chap.9, p.178-203.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO NETO, A. et al. Maturação fisiológica de sementes de abóbora (*Curcubita moschata* D.) produzidas no semiárido. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 3, p. 302-310, 2014.

GARA, L. et al. Redox regulation and storage processes during maturation in kernels of *Triticum durum*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 381, p. 249-258, 2003.

HE, X.; GAO, S. Changes of antioxidant enzyme and phenylalanine ammonia lyase activities during *Chimonanthus praecox* seed maturation. **Zeitschrift Für Naturforschung**, Tübingen, v. 63, n. 7, p. 569-573, 2008.

KAERNAREE, P. et al. Effect of Accelerated Aging Process on Seed Quality and Biochemical Changes in Sweet Pepper (*Capsicum annuum* Linn.) **Seeds. Biotechnology**, Frankfurt, v. 10, n. 2, p. 175-182, 2011.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976.

KRUSE, N. D. et al. Estresse oxidativo em girassol (*Helianthus annuus*) indica sinergismo para a mistura dos herbicidas metribuzin e clomazone. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 379-390, 2006.

KUMAR, S. P. J. et al. Seed birth to death: dual functions of reactive oxygen species in seed physiology. **Annals of Botany**, London, v. 116, n. 4, p. 663-668, 2015.

LIMA, J. M. E.; SMIRDELE, O. J. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta obtidas em frutos de diferentes maturações e armazenadas. **Semina**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 251-258, 2014.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination: aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P. Vigor de sementes de rabanete e desempenho de plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 44-51, 2006.

MARROCOS, S. T. P. et al. Maturação de sementes de abobrinha menina brasileira. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 272-278, 2011.

MEDEIROS, M. A. et al. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 3 p. 017-024, 2010.

MINITAB **User'Guide Release 17. for Windows**, 1994.

MULLER, L. et al. In Vivo Cell Wall Loosening by Hydroxyl Radicals during Cress Seed Germination and Elongation Growth. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 150, n. 4, p. 1855-1865, 2009.

NAKADA, P. G. et al. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 113-122, 2011.

NAKADA-FREITAS, P. G. et al. Maturação e repouso de frutos de hortaliças para a produção e qualidade de sementes. In: **IMAST 2018: atualidades nas ciências agrárias: mudanças, tendências e impactos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, Dracena: UNESP, 2018. p. 76-101

NASCIMENTO, W. M. **Desafios e oportunidades na produção de sementes de hortaliças no Brasil**. Seednews, 2015. Disponível em: <https://seednews.com.br/edicoes/artigo/1125-desafios-e-oportunidades-na-producao-de-sementes-de-hortalicas-no-brasil-edicao-maio-2015>. Acesso em: 08/10/2018.

NOGUEIRA, J. L. et al. Quality of organically produced bell pepper seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 2, p.100-105, 2017.

PANDITA, V. K. **Improving planting value of vegetable seeds by physical and physiological methods**. In: Advances in quality seed production of vegetable crops. Centre of Advanced Faculty Training in Horticulture (Vegetables), Compendium 2017, 371 p. Disponível em: <http://www.yspuniversity.ac.in/vgc/caft/Compendium2017-18.pdf>. Acesso em: 08/10/2018.

PASSAM, H. C. et al. The size and germination of eggplant seed in relation to fruit maturity at harvest, after-ripening and ethylene application. **Analele Universitatii din Oradea**, Fascicula Biologie, v. 17, n 2, p. 225-229, 2010.

PEIXOTO, H. P. P. et al. Aluminium effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

PEÑALOZA, P.; NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de pimentão**. IN: NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de hortaliças volume II. Brasília, DF, ed. Embrapa, 2014. p. 201-231.

PEREIRA, F. E. C. B. et al. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 737-744, 2014.

QUEIROZ, L. A. F. et al. Época de colheita e secagem na qualidade de sementes de pimenta habanero yellow. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 472-481, 2011.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. V. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. 285 p.

RAMA DEVI, S.; PRASAD, M. N. V. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: Response of antioxidant enzymes and antioxidants. **Plant Science**, Limerick, v. 138, n. 2, p. 157-165, 1998.

RAO, R. G. S.; SINGH, P. M.; RAI, M. Storability of onion seeds and effects of packaging and storage conditions on viability and vigour. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 1-6, 2006.

SAISANTHOSH, K. et al. Role of Enzymatic Antioxidants Defense System in Seeds. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Tamilnadu, v. 7, n. 1, p. 584-594, 2018.

SALDIVAR, X.; WANG, Y.; CHEN, P.; HOU, A. Changes in chemical composition during soybean seed development. **Food Chemistry**, Amsterdam, p. 1369-1375, 2011.

SCHWEMBER, A.; BRADFORD, K. J. Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 61, n. 15, p. 4423-4436, 2010.

SILVA, P. P. et al. Biochemical changes in hybrid pumpkin seeds at different stages of maturation. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 3, p. 558-564, 2017.

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

SIRI, B. et al. Improvement of quality, membrane integrity and antioxidant systems in sweet pepper (*Capsicum annuum* Linn.) seeds affected by osmopriming. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 13, p. 2068-2073, 2013.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, Limerick, v. 153, n. 1, p. 65-72, 2000.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W., CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. 2.<sup>a</sup> ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 51 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196)

USHAHRA, J.; MALIK, C. P. Seed Deterioration in *Eruca sativa* (Miller) Thell. Varieties: Comparative factors between Seeds and Leaves. **Journa Ijreset**, Haryana, v. 2, n. 6, p. 203-214, 2014.

VIDIGAL, D. S. et al. Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 5, p. 535-539, 2011.

VIDIGAL, D. S. et al. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 129-136, 2009.

VIDIGAL, D. S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 87-93, 2006.

WILLEKENS, H. et al. Catalases in plants. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 1, n. 3, p. 207-228, 1995.

WOJTYLA, L. et al. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, n. 66, p. 1-16, 2016.

YISA, P. Z. et al. Behaviour of Pepper Cultivar (*Capsicum annum*) to Seed Development, Maturation, Dormancy and Vigour. **International Research Journal of Plant Science**, Chicago, v. 4, n. 4, p. 103-108, 2013.

## CAPÍTULO 2

### TEOR DE MACRONUTRIENTES E PROTEÍNAS EM SEMENTES DE PIMENTÃO EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E REPOUSO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS

#### RESUMO

A composição das sementes interfere tanto no vigor como no potencial de armazenamento e, embora seja definida geneticamente, sofre influência de fatores como cultivares, fertilidade do solo, nutrição da planta, condições ambientais de cultivo e maturação dos frutos. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito dos estádios de maturação e repouso pós-colheita dos frutos no teor de macronutrientes e proteínas de sementes de pimentão. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com oito tratamentos, resultantes de um fatorial 4x2, com quatro repetições. O primeiro fator foram quatro estádios de maturação dos frutos (35, 50, 65 e 80 dias após a antese (DAA)) e o segundo, sem e com o repouso dos frutos pós-colheita dos frutos, por 7 dias. Foram avaliados dois genótipos com padrão de qualidade visual de sementes diferentes, ou seja, sem (1730) e com (190-2) escurecimento do tegumento das sementes. As características avaliadas nas sementes foram a massa seca de mil sementes, os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e os teores das proteínas albumina, globulina, prolamina e glutelina. Houve redução dos teores de K, Ca e Mg e aumento do teor das proteínas albumina, globulina e prolamina em função do estágio de maturação dos frutos. O repouso pós-colheita dos frutos proporcionou maior teor de Ca e da proteína albumina. A ordem decrescente dos teores de macronutrientes e proteínas nas sementes dos dois genótipos foi sempre a mesma, independente do estágio de maturação e do repouso pós-colheita dos frutos: N>K>P>Mg>S>Ca e albumina>globulina≈glutelina>prolamina, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Capsicum annuum* L., albumina, cálcio, enxofre, fósforo, globulina, glutelina, magnésio, nitrogênio, potássio, prolamina.

## ABSTRACT

Seed composition interferes in both vigor and storage potential and although it is genetically defined, it can be modified by some factors such as cultivars, soil fertility, plant nutrition, environmental conditions of cultivation and fruit maturation. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of stages of maturation and post-harvest rest of the fruits in the content of macronutrients and proteins of pepper seeds. The experimental design was a randomized block, with eight treatments, resulting from a 4x2 factorial, with four replications. The first factor consisted of four maturation stages of fruits (35, 50, 65 and 80 days after anthesis (DAA)) and the second, without and with the post-harvest rest of fruits, for 7 days. Two genotypes with different seed quality standards were evaluated, that is, without (1730) and with (190-2) darkening of the seed integument. The characteristics evaluated in the seeds were the dry weight of one thousand seeds, the contents of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S) and the content of albumin, globulin, prolamin, and glutelin proteins. There were reductions of K, Ca and Mg contents and increase the protein content of albumin, globulin and prolamins as a function of the maturation stage of the fruits. The post-harvest rest of fruits provided higher Ca content and protein albumin. The decreasing order of the macronutrient and protein contents in the seeds of the two genotypes as a function of the maturation stage, and without and with the post-harvest rest of the fruits, was N > K > P > Mg > S > Ca and albumin > globulin > gluteline > prolamine, respectively.

**Key-words:** *Capsicum annuum* L., albumin, calcium, sulfur, phosphorus, globulin, glutelin, magnesium, nitrogen, potassium, prolamine.

## 2.1 Introdução

A composição química das sementes, de maneira geral, é definida geneticamente, entretanto, as condições ambientais, a fertilidade do solo, a nutrição das plantas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), dentre outros fatores, são capazes de alterar esta composição, aumentando ou diminuindo a quantidade de certos compostos (LIBERAL; COELHO, 1980; SILVA et al., 2012).

Os principais compostos armazenados nas sementes são os carboidratos, lipídios e proteínas, além de minerais, vitaminas e hormônios vegetais (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Nas sementes de pimentão os principais compostos de

reserva são lipídios e proteínas, sendo o amido não detectado (PEÑALOZA; NASCIMENTO, 2014). Quanto às reservas proteicas, nas sementes são encontradas, principalmente, duas classes: as albuminas e as globulinas ou prolaminas (SHEWRY; NAPIER; TATHAM, 1995; SILVA et al., 2012).

As proteínas das sementes são as principais fontes de nitrogênio e enxofre, indispensáveis para a síntese de novas proteínas, ácidos nucléicos e compostos secundários (BUCKERIDGE et al., 2004; SILVA et al., 2012). Posteriormente, as proteínas que foram sintetizadas e armazenadas nas sementes serão quebradas em aminoácidos para a biossíntese e geração de energia (TAN-WILSON; WILSON, 2012) e juntamente com as demais reservas serão mobilizadas durante a germinação para o desenvolvimento do embrião (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) até que a plântula consiga emergir acima do solo e torna-se fotossinteticamente ativa (BEWLEY; BLACK, 2012).

Os minerais presentes na composição das sementes são os mesmos encontrados em outras partes da planta, constituídos pelos macros e micronutrientes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Os trabalhos que caracterizam a composição de minerais das sementes de pimentão estão voltados para área de alimentos, entre eles, o de Embaby e Mokhtar (2011) que encontraram como nutriente mais abundante o potássio, seguido pelo fósforo, sódio, zinco, cobre e magnésio e o de Park et al. (2006), com a seguinte ordem  $K > P > Mg > Ca > Na > Fe > Zn$ .

Durante o desenvolvimento das plantas, os nutrientes serão translocados para os frutos e, posteriormente, para as sementes, sendo utilizados como material de síntese e de reserva. Neste contexto, a exigência nutricional das plantas torna-se intensa na fase reprodutiva, sendo mais crítica durante a formação das sementes, onde os compostos armazenados terão influência na boa formação do embrião, conseqüentemente, no metabolismo, vigor e capacidade de armazenamento das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A composição química das sementes de pimentão varia de acordo com as cultivares e condições ambientais (BAE et al., 2012). Na produção de sementes de pimentão, os frutos devem ser colhidos maduros ou, se colhidos antes da maturidade das sementes, devem permanecer em repouso após a colheita por um período de sete a dez dias (PEÑALOZA; NASCIMENTO, 2014). No entanto, não existem pesquisas que mostrem a alteração da composição química das sementes em cada estágio de maturação, nem durante o repouso dos frutos após a colheita.

Por isto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito dos estádios de maturação e repouso pós-colheita dos frutos nos teores de macronutrientes e proteínas de sementes de pimentão.

## 2.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção de São Manuel, no município de São Manuel – SP (22° 46' S, 48° 34' W e altitude de 740m), pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu – SP. A estrutura do ambiente protegido é do tipo arco (dimensões: 7,0 m x 40,0 m e altura de 3,0 m), coberto por filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), transparente, de 150 µm de espessura e com telas nas laterais. No período do experimento a temperatura média diária máxima foi de 28,7°C e mínima de 22,6°C e a umidade relativa máxima e mínima foram de 73 e 54 %, respectivamente, dentro do ambiente protegido.

As plantas foram conduzidas em vasos de 13 litros e o solo utilizado no experimento apresentou as seguintes composições químicas, segundo metodologia de Raij et al. (2001):  $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 4,4$ ;  $\text{M.O.} = 5 \text{ g dm}^{-3}$ ;  $\text{Presina} = 2 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{H+Al} = 26 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{K} = 1,1 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca} = 33 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg} = 4 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{SB} = 39 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{CTC} = 64 \text{ mmolc dm}^{-3}$  e  $\text{V} = 60\%$ . Foi realizada calagem para elevar a saturação por bases (V) a 80%. Com base nos resultados da análise química do solo a adubação de plantio foi realizada de acordo com a recomendação do Boletim 100 (RAIJ et al., 1996) e adubação de cobertura por meio da fertirrigação de acordo com as recomendações de Trani et al. (2011) para a cultura do pimentão, sendo realizada semanalmente, por meio do sistema venturi.

A semeadura foi realizada em bandejas de polipropileno de 162 células, no dia 24/07/2017, utilizando substrato Carolina Soil, colocando-se uma semente por célula. O transplante das mudas foi realizado quando as mesmas estavam com quatro folhas definitivas, aos 47 dias após a semeadura.

Os tratos culturais realizados foram a desbrota até o surgimento da primeira flor, localizada na primeira bifurcação da planta; irrigação por gotejo duas vezes ao dia e controle de pragas e doenças quando necessário. Conforme o crescimento e desenvolvimento das plantas, o tutoramento foi realizado com auxílio de tutores de

bambu, individualmente, juntamente com fitilho passado horizontalmente ao longo de toda a fileira.

Foram avaliados oito tratamentos, em esquema fatorial 4x2, no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído de quatro períodos de maturação (35, 50, 65 e 80 dias após a antese (DAA)) e o segundo, sem e com o repouso dos frutos pós-colheita dos frutos, por um período de 7 dias. Foram avaliadas 10 plantas por tratamento e colhidos todos os frutos fixados na planta, sem o desbaste.

Foram avaliados dois genótipos que apresentam padrão de qualidade visual diferentes, ou seja, com e sem escurecimento do tegumento das sementes. O genótipo com escurecimento foi proveniente do Banco de Germoplasma de Hortaliças da FCA/UNESP, Campus de Botucatu-SP, geração F6, possuindo codificação nesse trabalho de 190-2 (APÊNDICE A). O genótipo sem o escurecimento foi cedido pela empresa Sakata Seeds, não sendo possível conhecer a genealogia desse material, com código 1730 (APÊNDICE B). As duas linhagens possuíam frutos de coloração verde, quando imaturos e amarela, quando maduros.

Para determinar o período de maturação, foram marcadas todas as flores de todas as plantas no dia de sua antese, de modo que se conseguisse colher uma grande quantidade de frutos no mesmo dia com exatamente a mesma idade. As colheitas foram realizadas quando os frutos apresentavam o estágio de maturação correspondente aos tratamentos (35, 50, 65 e 80 DAA), sendo que metade dos frutos tiveram suas sementes extraídas no dia da colheita (sem repouso) e a outra metade permaneceu em repouso pós-colheita. No momento da colheita o aspecto visual dos frutos dos dois genótipos com relação à coloração era: frutos totalmente verdes aos 35 DAA; frutos com coloração transitória do verde para o amarelo aos 50 DAA; frutos com 75 % da coloração amarela brilhante aos 65 DAA e aos 80 DAA os frutos estavam 100 % amarelos, porém opacos e com menos firmeza de polpa (APÊNDICE C). A extração das sementes foi manual, cortando-se os frutos no sentido longitudinal e as sementes foram colocadas sobre pratos de barro para secar por um dia.

As características avaliadas nas sementes, sem o beneficiamento, foram a massa seca de mil sementes, os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e proteínas (albumina, globulina, prolamina e glutelina).

Para determinar a massa seca (MS) de mil sementes foi mensurada a massa fresca de mil sementes representativas de cada parcela experimental, após a estabilização do teor de água, em balança com precisão de 0,0001g e posteriormente as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante e novamente pesadas em balança com a mesma precisão.

Para determinar os teores de macronutrientes e proteínas, amostras de sementes representativas de cada parcela experimental foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante. Os macronutrientes foram determinados pela metodologia de Malavolta et al. (1997), com os resultados expresso em g kg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) e as proteínas quantificadas pela metodologia de Bradford (1976) e a atividade expressa em mg g<sup>-1</sup> de MS.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) para comparar os períodos de repouso pós-colheita dos frutos e de regressão para verificar os efeitos dos períodos de maturação nas características avaliadas, por meio do programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2010). Também foi realizada análise de correlação entre as características avaliadas, utilizando o programa Minitab® 2017. As análises foram realizadas para cada genótipo separadamente.

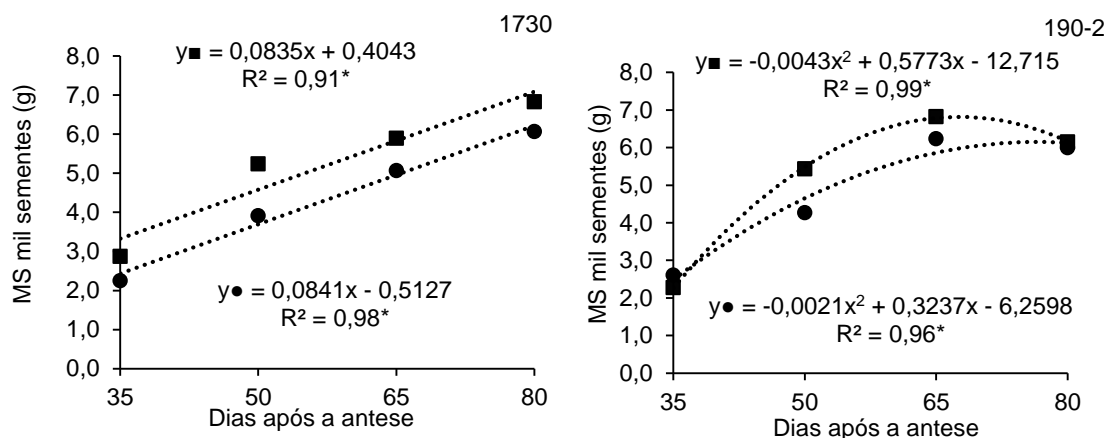
## **2.3 Resultados e discussão**

Houve interação entre os fatores estádios de maturação e repouso pós-colheita dos frutos apenas para os teores de nitrogênio e enxofre nas sementes dos dois genótipos. Para as demais características a interação não foi significativa e, portanto, foram analisados os efeitos separados dos fatores.

### **2.3.1 Massa seca de mil sementes**

No genótipo 1730 foram observados aumentos lineares da massa seca de mil sementes com a idade dos frutos, passando de 2,4 para 6,2 g sem o repouso e de 3,8 para 7,1 g com o repouso pós colheita dos frutos, dos 35 aos 80 DAA. Para o genótipo 190-2 a resposta foi quadrática, com máximas estimadas de 6,2 e 6,7 g, obtidas aos 77 e 67 DAA, respectivamente nos tratamentos sem e com o repouso pós-colheita dos frutos (Figura 1).

**Figura 1 - Massa seca (MS) de mil sementes dos genótipos 1730 e 190-2 em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**



Em pimentão cultivar Amarela Comprida, Vidigal et al. (2011) obtiveram aumentos na MS de mil sementes até aos 75 DAA com máxima massa de 6,6 g. Na pimenta 'Malagueta' a máxima MS de mil sementes obtida foi de 3,2 g, aos 80 DAA e na pimenta 'Biquinho' de 2,5 g aos 70 DAA. Em sementes de tomate, a máxima MS de mil sementes obtida por Vidigal et al. (2006) foi de 3,5 g aos 70 DAA.

Aumentos na MS de mil sementes em função do estágio de maturação dos frutos também foi obtido por Barbedo et al. (1997), em sementes de pepino 'Pérola', atingindo máxima de 28,8 g, aos 45 DAA. Nakada et al. (2011) obtiveram máxima MS de mil sementes de pepino híbrido Ômega de 36 g aos 46 DAA.

O repouso pós-colheita dos frutos proporcionou aumento da MS de mil sementes para os dois genótipos (Tabela 1). Maior massa seca de sementes com o repouso dos frutos também foi obtido por Pereira et al. (2012) em sementes de pimenta 'Dedo-de-Moça'. Entretanto, em sementes de pepino 'Pérola', Barbedo et al. (1997) não tiveram diferenças na MS de sementes com o repouso dos frutos.

**Tabela 1 - Massa seca de mil sementes (MS) de sementes de pimentão dos genótipos 1730 e 190-2 em função do repouso pós-colheita dos frutos. São Manuel-SP, 2017.**

Repouso pós-colheita	Genótipo 1730	Genótipo 190-2
	-----g-----	
Sem	4,3b	4,8b
Com	5,2a	5,2a
CV (%)	2,5	1,3

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, para cada genótipo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

### 2.3.2 Teores de macronutrientes nas sementes

Nos dois genótipos, o teor de N aos 35 DAA foi maior sem o repouso dos frutos. No entanto, em frutos mais velhos (65 e 80 DAA) ocorreu o oposto, ou seja, maior teor de N nas sementes que foram extraídas após o repouso pós-colheita dos frutos, apesar de apenas no genótipo 1730 estas diferenças terem sido significativas (Tabela 2). O N é um dos nutrientes mais facilmente translocados das folhas para os frutos (CORRÊA; GOUVEIA; CARDOSO, 2014). No entanto, não se tem estudos desta translocação de frutos em repouso pós-colheita para as sementes como o que deve ter ocorrido na presente pesquisa nos frutos mais velhos. Para os frutos mais novos, com o repouso pós-colheita pode ter ocorrido “efeito diluição”, ou seja, o aumento da massa de sementes durante o repouso pós-colheita pode ter sido maior que a translocação de N para as sementes, enquanto nos frutos mais velhos, talvez, a taxa de translocação de N do fruto colhido para as sementes tenha sido mais intensa, favorecendo o aumento do teor de N.

O teor de S dos dois genótipos aos 35 DAA foi maior com o repouso dos frutos, porém aos 50 e 65 DAA ocorreu o inverso, ou seja, os teores foram maiores sem o repouso dos frutos e aos 80 DAA não houve diferença de teor quanto ao repouso (Tabela 2). Segundo Chandra e Pandey (2016), o S regula o metabolismo das sementes em termos de carboidratos e proteínas de armazenamento (albumina, globulinas, glutelinas e prolaminas). Como aos 35 DAA as sementes encontravam-se imaturas, provavelmente, o repouso foi necessário para a continuação da formação dos carboidratos e proteínas de armazenamento. Aos 50 e 65 DAA os frutos encontravam-se mais velhos e, possivelmente, o que foi translocado do fruto para a semente foi suficiente para formar as reservas, sendo por isso obtido maior teor de S sem o repouso dos frutos e certamente um possível efeito de diluição com o repouso, pois houve aumento da massa de sementes (Figura 1).

**Tabela 2 - Médias dos teores de nitrogênio (N) e enxofre (S) nas sementes dos genótipos 1730 e 190-2 sem e com repouso pós-colheita dos frutos em cada estágio de maturação. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**

Repouso pós-colheita	Genótipo 1730 – Teor de N (g kg <sup>-1</sup> de matéria seca)				
	Dias após a antese				
	35	50	65	80	
Sem	30A	30A	29B	28B	
Com	28B	30A	31A	30A	
CV (%)	3,65				
Repouso pós-colheita	Genótipo 1730 – Teor de S (g kg <sup>-1</sup> de matéria seca)				
	Sem	1,9B	2,1A	2,0A	1,9A
	Com	2,1A	1,9B	1,8B	1,8A
CV (%)	6,43				
Repouso pós-colheita	Genótipo 190-2 – Teor de N (g kg <sup>-1</sup> de matéria seca)				
	Sem	32A	31A	29A	28A
	Com	29B	30A	30A	29A
CV (%)	3,45				
Repouso pós-colheita	Genótipo 190-2 – Teor S (g kg <sup>-1</sup> de matéria seca)				
	Sem	1,9B	2,1A	2,1A	2,0A
	Com	2,2A	1,9B	1,9B	2,0A
CV (%)	3,46				

\*Médias seguidas por letras diferentes em cada coluna, para cada genótipo e cada nutriente, diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para o genótipo 1730 observa-se que o teor de N nas sementes sem o repouso pós-colheita dos frutos decresceu com o aumento do estágio de maturação, passando de 30,4 para 28,5 g kg<sup>-1</sup> de MS, dos 35 aos 80 DAA (Figura 2), o que pode caracterizar o “efeito diluição”, ou seja, o ganho de massa pelas sementes ao longo do período de maturação não foi acompanhado na mesma intensidade pelo acúmulo de N nas sementes. Entretanto, com o repouso dos frutos, o teor de N se adequou ao modelo quadrático, com máximo estimado em 30,5 g kg<sup>-1</sup> de MS aos 64 DAA. Aparentemente, com o repouso, os frutos, quando ainda imaturos, também devem translocar N para as sementes, aumentando seu teor em maior intensidade que o ganho de matéria seca. Porém, nos frutos mais velhos, esta translocação de N deve ser em menor intensidade que o acúmulo de MS, resultando em menor teor.

O teor de N das sementes do genótipo 190-2 sem o repouso dos frutos teve resposta linear decrescente, com mínimo estimado em 28,38 g kg<sup>-1</sup> de MS aos 80 DAA e, com o repouso, a resposta foi quadrática e teor máximo estimado foi de 29,6 g kg<sup>-1</sup> de MS aos 60 DAA (Figura 3). A redução do teor de N sem o repouso dos

frutos também pode estar associada à diluição deste nutriente, pois, segundo Maia (2012), à medida que a planta cresce, há diluição dos nutrientes, diminuindo a concentração nos tecidos. Provavelmente, o mesmo deve ocorrer nas sementes com o avanço dos estádios de maturação.

Em geral, observa-se redução nos teores de K, Ca e Mg nas sementes ao longo do estágio de maturação dos frutos, tanto no genótipo 1730 (Figura 2) como no 190-2 (Figura 3), apesar de apresentarem diferentes curvas. Novamente, pode ter ocorrido “diluição” nos teores destes nutrientes. Araújo et al. (2015) observaram que o teor da maioria dos macronutrientes nas sementes de abobrinha variou ao longo do ciclo, com tendência de redução nos teores com o avanço das colheitas.

Os teores de K, Ca e Mg do genótipo 1730 passaram de 18,3, 0,94 e 2,5 g kg<sup>-1</sup> de MS aos 35 DAA, para 9,6, 0,81 e 2,2 g kg<sup>-1</sup> de MS, aos 74, 80 e 80 DAA, respectivamente, no tratamento sem o repouso pós-colheita dos frutos. Com o repouso dos frutos, os teores foram de 17,6, 1,4 e 2,7 g kg<sup>-1</sup> de MS aos 35 DAA para 9,1, 0,95 e 2,1 g kg<sup>-1</sup> de MS, aos, 71, 70 e 80 DAA, para o K, Ca e Mg, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 - Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em sementes de pimentão do genótipo 1730, em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.

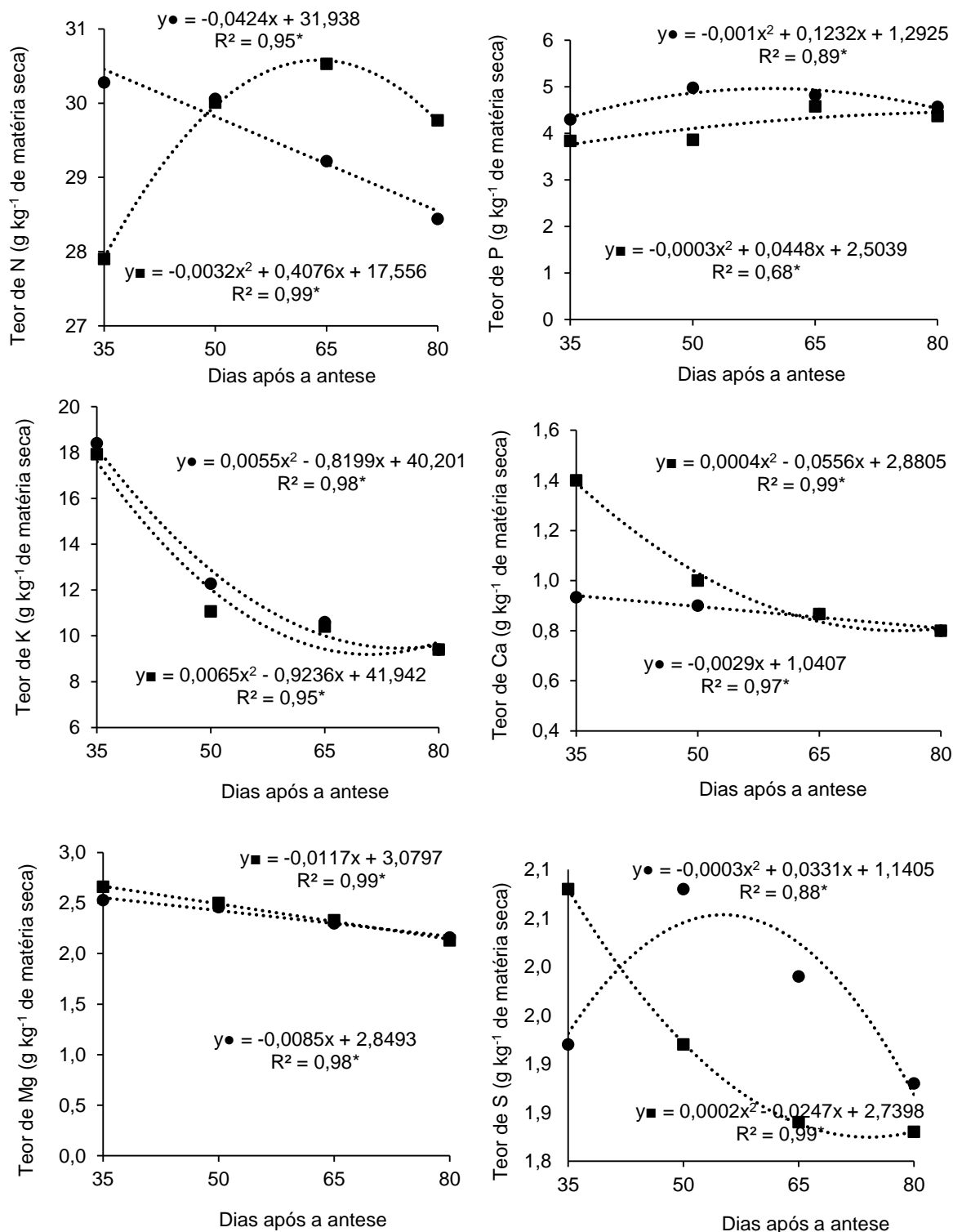
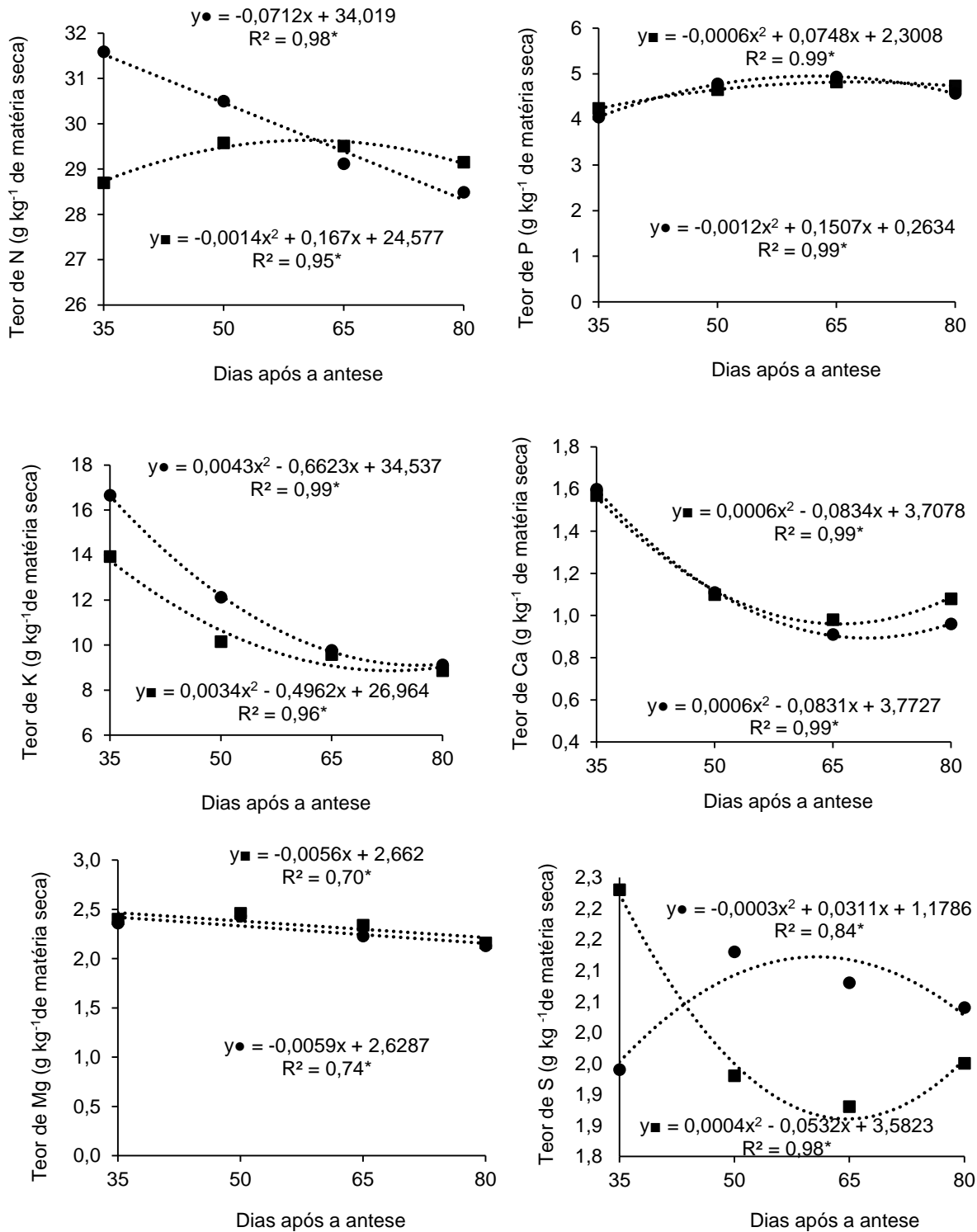


Figura 3 - Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em sementes de pimentão do genótipo 190-2, em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.



Para o genótipo 190-2 os teores de K, Ca e Mg aos 35 DAA foram de 16,6, 1,6 e 2,4 g kg<sup>-1</sup> de MS, reduzindo para 9,0, 0,89 e 2,1 g kg<sup>-1</sup> de MS, até aos 77, 70 e 80

DAA respectivamente, no tratamento sem o repouso pós-colheita dos frutos. Com o repouso os teores de K, Ca e Mg passaram de 13,8, 1,5 e 2,5 g kg<sup>-1</sup> de MS, aos 35 DAA, para 9,0, 0,81 e 2,1 g kg<sup>-1</sup> de MS, aos 73, 70 e 80 DAA, respectivamente (Figura 3).

O potássio foi o segundo nutriente com maior teor nas sementes. Possivelmente, sua grande mobilidade na planta facilita a translocação para as sementes (MARTINS, 2018). A diluição do potássio com o avanço do estágio de maturação pode ter contribuído para que ocorresse o mesmo com os teores de magnésio, pois, segundo Meurer (2006), somente com a concentração de K dentro da faixa ideal é que ocorre a absorção efetiva de Mg.

A diluição dos nutrientes, segundo Maia et al. (2005), é caracterizada quando a taxa de crescimento de matéria seca é superior à taxa de absorção do nutriente. Por outro lado, a retranslocação de nutrientes, principalmente nas épocas de enchimento e maturação dos frutos favorece a concentração destes nas sementes.

O cálcio é um nutriente de baixa mobilidade e, como consequência, pouco acumulado nas sementes (MALAVOLTA, 2006). Desse modo, Kano et al. (2010) sugerem que o acúmulo de Ca nas sementes ocorra apenas por absorção e transporte durante o processo de maturação das sementes, não havendo redistribuição das folhas em senescência para as sementes. Assim, embora o repouso pós-colheita dos frutos aumente a MS das sementes, o mesmo não proporciona a continuidade da translocação de todos os macronutrientes para as sementes e, mesmo que ocorra a translocação, esta pode ser em menor intensidade que o acúmulo de MS e, com isto, tem-se o chamado “efeito diluição”.

Segundo Maia (2012), de forma geral, os teores de N, P e K decrescem com a idade da planta, enquanto os teores de Ca e Mg, frequentemente, aumentam, contudo, pode ocorrer casos de nutrientes terem comportamento de redução, como ocorreu para o Mg em sua pesquisa.

Os teores de P nas sementes se ajustaram ao modelo quadrático nos dois genótipos, tanto com como sem repouso pós-colheita dos frutos (Figuras 2 e 3). Para o genótipo 1730, no tratamento sem o repouso dos frutos foi estimado teor máximo de P de 5,1 g kg<sup>-1</sup> de MS, aos 62 DAA, e com o repouso dos frutos, teor de 4,2 g kg<sup>-1</sup> de MS, aos 74 DAA (Figura 2). Para o genótipo 190-2 o teor máximo desse nutriente sem o repouso dos frutos foi estimado em 4,9 g kg<sup>-1</sup> de MS, obtidos

aos 63 DAA e com repouso, o teor de P foi de 4,6, g kg<sup>-1</sup> de MS, sendo obtido aos 62 DAA (Figura 3).

Quanto aos teores de S nas sementes, os valores se ajustaram ao modelo quadrático. No entanto, sem repouso pós-colheita dos frutos observou-se aumento no teor até os 50 DAA para os dois genótipos (Figuras 2 e 3), com redução após esta data. Por outro lado, com o repouso pós-colheita dos frutos observou-se redução nos teores até pelo menos os 65 DAA e pequeno aumento nos valores após este período.

Segundo Maia et al. (2005), quando ocorre a paralisação do crescimento da planta e o nutriente continua a ser absorvido e há a concentração do nutriente, se ocorrer o oposto, ou seja, a continuidade do crescimento da planta e o nutriente estiver sendo absorvido em menor taxa, dar-se-á à diluição. De forma semelhante pode ocorrer nas sementes, pois o avanço do estágio de maturação, juntamente com o repouso pós-colheita dos frutos, permite a continuidade do processo de maturação das sementes e acúmulo de matéria seca.

Quanto ao repouso pós-colheita dos frutos, para o genótipo 1730 observa-se que o teor de P foi maior sem o repouso (Tabela 3). Por outro lado, para o Ca ocorreu o inverso, sendo obtido maior teor com o repouso, o que pode ser justificado pelo alto teor de cálcio aos 35 DAA com o repouso dos frutos em relação ao tratamento sem o repouso (Figura 2), o que deve ter ocasionado maior teor no total. Para o K e o Mg os teores não diferiram quanto ao repouso dos frutos (Tabela 3).

Para o genótipo 190-2 não houve diferença dos teores de P, K, Ca e Mg quanto ao repouso pós-colheita dos frutos (Tabela 3).

**Tabela 3 - Teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em sementes de pimentão dos genótipos 1730 e 190-2 em função do repouso pós-colheita dos frutos. São Manuel-SP, 2017.**

Genótipo 1730				
Repouso pós-colheita	P	K	Ca	Mg
-----g kg <sup>-1</sup> de matéria seca -----				
Sem	4,7a	12,4a	0,87b	2,4a
Com	4,4b	12,3a	1,02a	2,4a
CV (%)	1,41	4,07	8,79	7,10
Genótipo 190-2				
Sem	4,6a	11,9a	1,2a	2,3a
Com	4,6a	10,9a	1,2a	2,3a
CV (%)	1,8	3,9	6,1	2,2

\*Médias seguidas de mesma letra, para cada genótipo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A ordem decrescente dos teores de macronutrientes nas sementes para os dois genótipos foi N>K>P>Mg>S>Ca. Comparando esta ordem com outras pesquisas, verificam-se resultados diferentes para os nutrientes em comum obtidos por Embaby e Mokhtar (2011), em sementes de pimentão: K>P>Mg. Park et al. (2006), avaliando a composição química de sementes com placenta de pimentão, relataram ordem decrescente semelhante: K>P>Mg. Em sementes de pimenta (*C. annuum*), Zou et al. (2015) encontraram a seguinte composição química: K>Mg>Ca. Também em pimenta (*C. annuum*), Simonovska et al. (2014) encontraram a seguinte composição química: K>Mg>Ca>P. Entretanto, nessas pesquisas não foram determinados os teores de nitrogênio nas sementes, além de serem pesquisas voltadas para área de alimentos.

De acordo com Kolodziejek (2017), os teores de nutrientes minerais nas sementes podem variar com o ambiente e dependem do teor total de nutrientes nos solos e dos fatores que controlam sua disponibilidade para as plantas.

Cardoso (2011), em revisão com várias hortaliças, relatou que o teor de N nas sementes foi sempre maior que o dos demais nutrientes, o que foi confirmado em abobrinha (LANNA, 2018; TAVARES, 2018), alface (KANO et al., 2010; QUADROS et al., 2011; MARTINS, 2018), brócolis (MAGRO et al., 2009) e couve-flor (CARDOSO et al., 2016). Isso demonstra a importância deste elemento (N) na composição da semente, geralmente rica em proteínas, além de ser um nutriente facilmente redistribuído na planta para as partes reprodutivas (MALAVOLTA, 2006). O nitrogênio também ocupa lugar de destaque no sistema do metabolismo vegetal,

pois todos os processos vitais das plantas estão associados às proteínas, das quais o nitrogênio é um constituinte essencial (MASSIGNAM et al., 2009).

O papel fisiológico do K durante a formação dos frutos e nos períodos de maturação é expresso, principalmente, no metabolismo de carboidratos (SAWAN; FAHMY; YOUSEF 2011), o que faz dele um dos nutrientes mais acumulados pelas sementes.

O fósforo é um componente fundamental dos ácidos nucléicos e fosfolipídios (ASGEDOM; BECKER, 2001; SAJID et al., 2012). Nas sementes, cerca de 75% do P total está na forma de um único composto, o ácido fítico (RABOY, 2009). A exigência de P pelas sementes pode estar associada ao fato desse nutriente proporcionar crescimento inicial mais rápido das raízes, conseqüentemente, melhor estabelecimento inicial de plântulas (WHITE; VENEKLAAS 2012). Segundo esses autores, as sementes geralmente contêm P suficiente para garantir o crescimento máximo de plântulas durante várias semanas após a germinação.

O Ca foi o nutriente com menor teor nas sementes de pimentão, sendo que os baixos teores podem estar relacionados, segundo Malavolta (2006), ao fato desse elemento não ser redistribuído na planta, devido sua baixa mobilidade no floema. Desse modo, o suprimento de Ca no xilema depende da transpiração, que em órgãos jovens e em frutos é baixa (WHITE; BROADLEY, 2003).

A função mais conhecida do Mg nas plantas é provavelmente o seu papel como o átomo central da molécula de clorofila. Além disso, o Mg participa também da fotofosforilação para a formação de ATP nos cloroplastos, contribui para a fixação fotossintética de dióxido de carbono, ativa a enzima chave no processo fotossintético que é a ribulose1,5-bisfosfato carboxilase, também conhecida como RUBISCO, entre outras funções (CAKMAK; YAZICI, 2010). Nas sementes, o Mg está associado com as proteínas, entretanto, seu papel ainda não está totalmente esclarecido, se ele está relacionado com a formação de proteínas ou se isso é uma consequência da translocação aumentada de aminoácidos das folhas para os drenos (CEYLAN et al., 2016).

Devido à sua alta mobilidade no floema o Mg pode ser facilmente translocado para outras partes da planta, onde é necessário para a formação de clorofila, ativação enzimática para biossíntese de proteínas e exportação de fotossintatos para garantir o crescimento vegetativo e de outros tecidos em desenvolvimento (CAKMAK; KIRKBY, 2008). Apesar dessa mobilidade, não foram encontradas

diferenças nos teores de Mg nas sementes para os dois genótipos com o repouso pós-colheita dos frutos, devido, provavelmente, ao aumento da massa de mil sementes ser superior a taxa de absorção do nutriente.

O teor de S nas sementes de pimentão dos dois genótipos foi superior apenas ao do Ca. O S é o nutriente que regula o metabolismo das sementes em termos de carboidratos e proteínas de armazenamento (CHANDRA; PANDEY, 2016). Nas proteínas, o S é um componente essencial dos aminoácidos cisteína e metionina, de numerosas coenzimas e grupos prostéticos, centros sulfurosos de ferro, tiamina, ácido lipóico, S-adenosilmetionina, glutatona, entre outros (TAKAHASHI et al., 2011).

Na maioria das espécies o teor de S nas sementes é baixo (CARDOSO, 2011), porém, em brássicas só fica atrás do N (MAGRO et al., 2010 e CARDOSO et al., 2016), sendo importante tanto para o aumento da produção como da qualidade das sementes (ZHAO et al., 1993; CHANDRA; PANDEY, 2016; CORRÊA et al., 2016).

### **2.3.3 Teores de proteínas nas sementes**

Os teores da proteína albumina tiveram respostas quadráticas, sem e com o repouso pós-colheita dos frutos, para os dois genótipos (Figuras 4 e 5). Para o genótipo 1730 os teores máximos estimados foram de 64,7 mg g<sup>-1</sup> de MS, aos 66 DAA sem o repouso dos frutos e de 65,9 mg g<sup>-1</sup> de MS, aos 64 DAA com o repouso (Figura 4). Os teores máximos estimados da proteína albumina do genótipo 190-2 foram de 68,9 e 65,9 mg g<sup>-1</sup> de MS, obtidos aos 65 e 60 DAA, respectivamente nos tratamentos sem e com o repouso pós-colheita dos frutos (Figura 5).

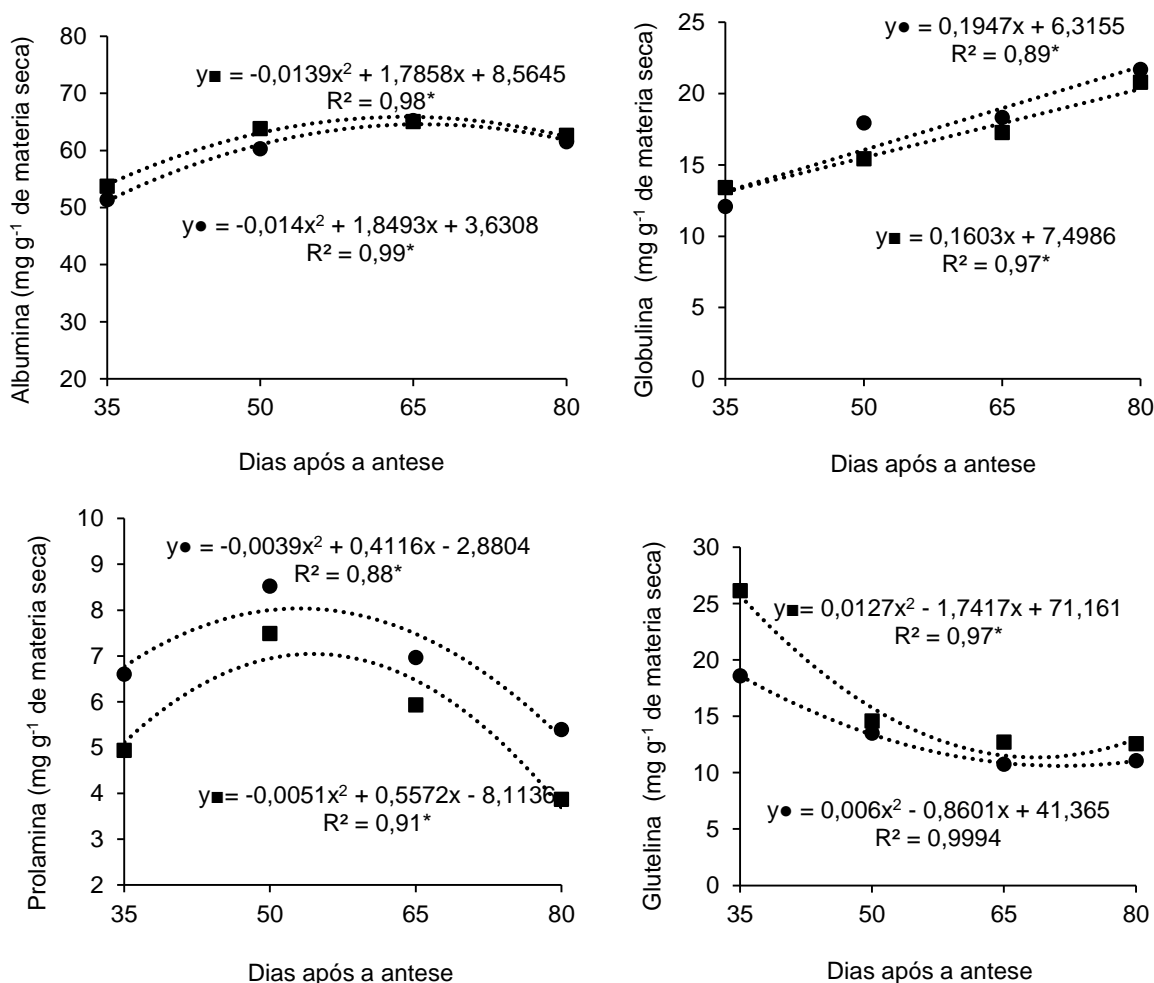
A proteína globulina do genótipo 1730 teve aumentos lineares, com teores máximos de 21,9 e 20,3 mg g<sup>-1</sup> de MS, aos 80 DAA, sem e com o repouso pós-colheita dos frutos, respectivamente (Figura 4). Para o genótipo 190-2 sem o repouso dos frutos, para o teor da globulina também foi obtido aumento linear, com teor máximo de 19,8 mg g<sup>-1</sup> de MS, aos 80 DAA e com o repouso a resposta foi quadrática, com teor máximo estimado em 18,9 mg g<sup>-1</sup> de MS, aos 68 DAA (Figura 5).

Para o teor de proteína prolamina do genótipo 1730 houve resposta quadrática, sendo obtidos teores máximos estimados em 7,9 e 7,1 mg g<sup>-1</sup> de MS, aos 53 e 55 DAA, sem e com o repouso pós-colheita dos frutos, respectivamente (Figura 4). Foram obtidos aumentos lineares para a proteína prolamina do genótipo 190-2, com

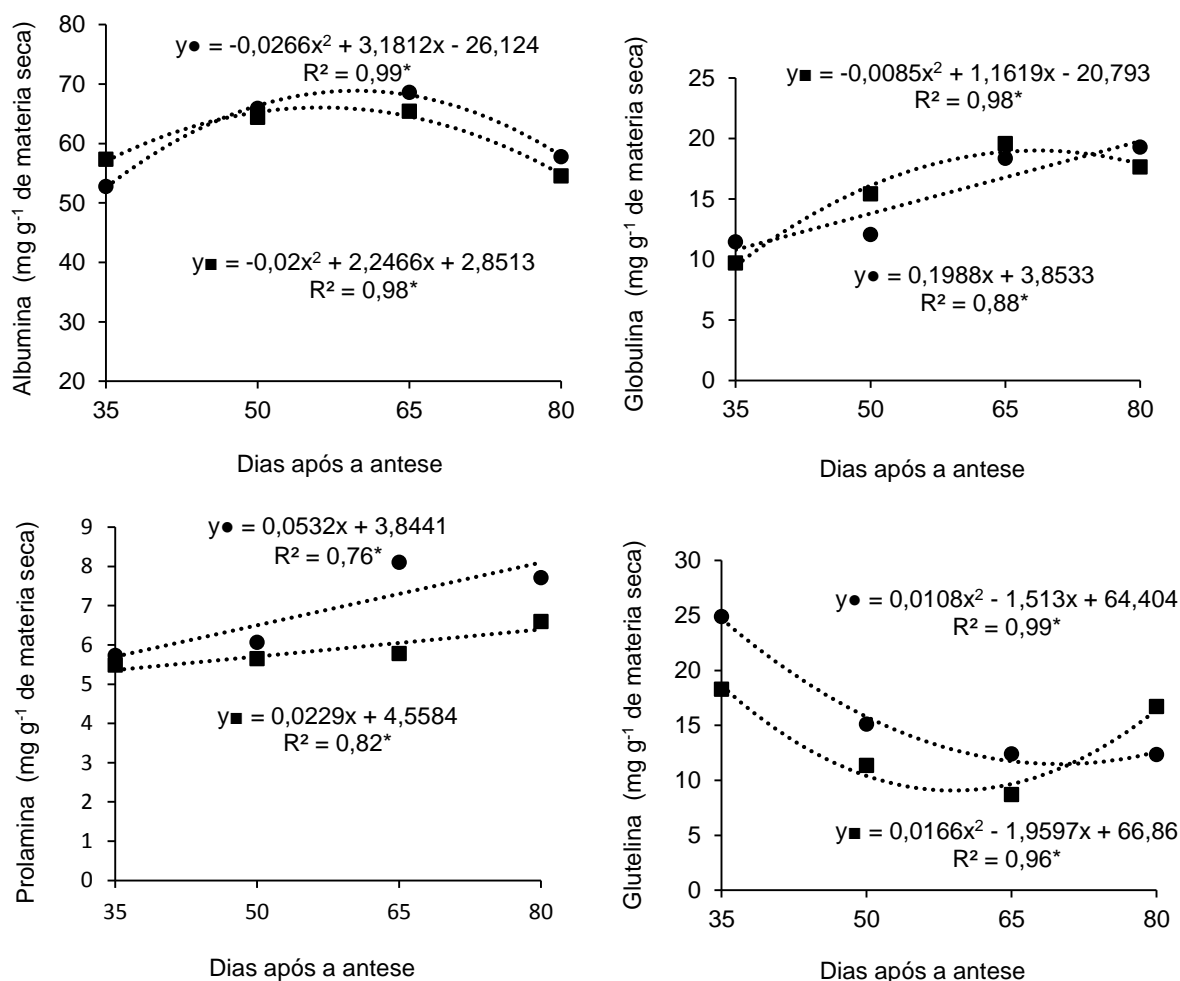
teores máximos aos 80 DAA de 8,1 mg g<sup>-1</sup> de MS sem o repouso pós-colheita dos frutos e 6,39 mg g<sup>-1</sup> de MS com o repouso (Figura 5).

O teor de glutelina dos dois genótipos ajustaram ao modelo quadrático em função do estágio de maturação, tanto sem como com o repouso pós-colheita dos frutos, apresentando elevado teor aos 35 DAA, que foram reduzindo até um determinado estágio de maturação, sendo estimadas mínimas médias para o genótipo 1730 sem o repouso dos frutos de 10,5 mg g<sup>-1</sup> de MS, aos 72 DAA e com o repouso de 11,4 mg g<sup>-1</sup> de MS, aos 68 DAA. Para o genótipo 190-2 os teores mínimos estimados foram de 11,4 e 9,0 mg g<sup>-1</sup> de MS, aos 70 e 59 DAA, respectivamente nos tratamentos sem e com o repouso pós-colheita dos frutos (Figuras 4 e 5).

**Figura 4 - Teores de albumina, globulina, prolamina e glutelina em sementes de pimentão do genótipo 1730, em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**



**Figura 5 - Teores de albumina, globulina, prolamina e glutelina em sementes de pimentão do genótipo 190-2, em função do estágio de maturação, sem (●) e com (■) o repouso pós-colheita dos frutos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**



As sementes acumulam reservas durante o seu desenvolvimento e para muitos tipos de sementes a maior parte dessas reservas é constituída de proteínas (SHEWRY; CASEY, 1999; MÜNTZ et al., 2001) que podem ser classificadas em albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas (OSBORNE, 1924; SILVA et al., 2012) porém, nem todos os grupos podem ser encontrados nas sementes de uma determinada espécie.

As albuminas, assim como as globulinas, são proteínas comuns em sementes de eudicotiledôneas (SUDA; GIORGINI, 2000; SILVA et al., 2012) e provavelmente são retranslocadas em maior proporção para as sementes de pimentão favorecendo a concentração nestas, sendo as albuminas a principal proteína de armazenamento estando presentes em maior quantidade (Figuras 3 e 4).

As glutelinas são proteínas comuns em cereais e as prolaminas em gramíneas (SUDA; GIORGINI, 2000; SILVA et al., 2012), o que pode justificar o menor teor da prolamina em sementes de pimentão (Figuras 4 e 5).

Observa-se que para o genótipo 1730 o repouso pós-colheita dos frutos possibilitou maiores teores de albumina e glutelina. O teor da proteína prolamina foi maior sem o repouso tanto para o genótipo 1730 como para 190-2, bem como, maior teor da proteína glutelina no genótipo 190-2 (Tabela 4).

**Tabela 4 - Teores de albumina, globulina, prolamina, glutelina e aminoácidos em sementes de pimentão dos genótipos 1730 e 190-2 em função do repouso pós-colheita dos frutos. São Manuel-SP, 2017.**

Genótipo 1730				
Repouso pós-colheita	Albumina	Globulina	Prolamina	Glutelina
	-----mg g <sup>-1</sup> de matéria seca-----			
Sem	59,6b	17,5a	6,9a	13,5b
Com	61,3a	16,7a	5,8b	16,2a
CV (%)	2,2	8,5	8,8	7,7
Genótipo 190-2				
Sem	61,3a	15,3a	6,9a	16,2a
Com	60,4a	15,6a	5,8b	13,2b
CV (%)	2,3	5,2	5,4	4,8

\*Médias seguidas de mesma letra, para cada genótipo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As principais proteínas de reservas relatadas nas sementes são as albuminas globulinas ou prolaminas (SHEWRY; NAPIER; TATHAM 1995, SILVA et al., 2012), nesse trabalho é possível verificar que para os dois genótipos os teores das proteínas nas sementes de pimentão seguiu a seguinte ordem decrescente albumina>globulina≈glutelina>prolaminas.

#### **2.3.4 Análise de correlação entre teores de macronutrientes e proteínas em sementes de pimentão para os genótipos 1730 e 190-2**

O N apresentou correlação positiva com o teor de P no genótipo 1730 (Tabela 4) e com os teores de K e Mg no genótipo 190-2 (Tabela 5).

**Tabela 5 - Correlação entre teor nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), teor de albumina (Alb), globulina (Glo), prolamina (Pro) e glutelina (Glu), em sementes de pimentão do genótipo 1730. São Manuel-SP, 2017.**

	N	P	K	Ca	Mg	S	Alb	Glo	Pro
P	0,46**								
K	-0,17	-0,67**							
Ca	-0,39	-0,59**	0,69**						
Mg	0,12	-0,24	0,64**	0,61**					
S	-0,216	-0,037	0,295	0,514*	0,393				
Alb	0,15	0,64**	-0,89**	-0,52**	-0,51*	-0,27			
Glo	-0,09	0,38	-0,81**	-0,58**	-0,65**	-0,22	0,62**		
Pro	0,44*	0,69**	-0,06	-0,09	0,37	0,15	0,11	-0,24	
Glu	-0,25	-0,80**	0,87**	0,83**	0,64**	0,32	-0,79**	-0,70**	-0,19

\*\* e \* = significativo a 1% e 5%, respectivamente, pela análise de correlação de Pearson.

**Tabela 6 - Correlação entre teor nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), teor de albumina (Alb), globulina (Glo), prolamina (Pro) e glutelina (Glu), em sementes de pimentão do genótipo 190-2. São Manuel-SP, 2017.**

	N	P	K	Ca	Mg	S	Alb	Glo	Pro
P	-0,07								
K	0,52**	-0,77**							
Ca	0,25	-0,86**	0,88**						
Mg	0,48*	-0,14	0,55*	0,48*					
S	0,01	-0,11	0,14	0,11	-0,05				
Alb	0,06	0,68**	-0,40*	-0,59**	0,21	0,14			
Glo	-0,46*	0,58**	-0,82**	-0,80**	-0,68**	-0,26	0,32		
Pro	-0,38	0,35	-0,55**	-0,51**	-0,69**	0,10	0,20	0,57**	
Glu	0,36	-0,73**	0,79**	0,82**	0,16	0,04	-0,72**	-0,69**	-0,27

\*\* e \* = significativo a 1% e 5%, respectivamente, pela análise de correlação de Pearson.

A correlação positiva entre o nitrogênio e o fósforo pode ser explicada pela interação sinérgica que ocorre entre eles, em que, o suprimento adequado de P pode aumentar a absorção e translocação de  $\text{NO}_3^-$ , que é essencial para a geração de turgor das células (ARAUJO; MACHADO, 2006). Assim, como a relação positiva entre o nitrogênio e o potássio é justificada pela interação não competitiva que ocorre entre ambos, ou seja, a absorção de um nutriente eleva a demanda do outro (CANTARELLA, 2007).

A interação entre os nutrientes N e K é a mais comum que ocorre, isso porque os dois são os nutrientes absorvidos em maiores quantidades pela maioria das plantas (CANTARELLA, 2007) e também pela maioria das sementes de hortaliças, como é possível observar neste trabalho nas sementes de pimentão, onde o K foi o segundo nutriente translocado em maior quantidade, assim como em outros trabalhos com sementes de alface (KANO et al., 2010; MARTINS 2018; QUADRO et al., 2011) e em abobrinha (TAVARES, 2018; LANNA, 2018).

A correlação positiva entre o N e Mg se deve, provavelmente, ao fato do metabolismo do N ser dependente de Mg, assim, em plantas deficientes em magnésio o teor de N-protéico será menor, afetando a síntese de proteínas. Além disto, a ativação dos aminoácidos depende de Mg, da mesma forma que a transferência dos aminoácidos ativos para formar a cadeia polipeptídica ou proteica também necessita de Mg (VITTI, LIMA, CICARONE, 2006).

O teor de P expressou correlação negativa com o teor de cálcio e de potássio, para os dois genótipos (Tabelas 3 e 4). Para o P e o Ca existem trabalhos mostrando que podem ocorrer interações de sinergismo e antagonismo entre ambos os nutrientes, portanto, podem existir correlações negativas e positivas entre esses nutrientes. Em plantas de arroz o aumento da concentração de Ca na solução nutritiva diminuiu o teor de P (ISHIZUKA; TANAKA, 1960; FAGERIA, 2001). A omissão de P em solução nutritiva de cana de açúcar promoveu aumento nos teores de Ca tanto na raiz, como na parte aérea (VALE et al., 2011). Por outro lado, a omissão de Ca em solução nutritiva reduziu o teor de P em pimenta 'Malagueta' (FLORES et al., 2014) e também em pimenta ornamental (COELHO et al., 2014).

Para a correlação negativa entre os nutrientes P e K não foi possível estabelecer ligação, pois normalmente quando o suprimento de potássio é reduzido, a translocação de nitratos, fosfatos, magnésio e aminoácidos é deprimida (RENADE-MALVI, 2011). Tanto o K como o P são nutrientes requeridos em maiores quantidades, devido à grande quantidade exigida pelas sementes da maioria das culturas (BARBER, 1984; BEVILAQUA, 1996).

O teor de K expressou correlação positiva com os teores de Ca e Mg dos dois genótipos (Tabelas 5 e 6). No entanto, isto não é comum, pois a relação entre esses nutrientes é do tipo inibição competitiva, pois íons como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  que possuem propriedades químicas semelhantes competem pelo local de adsorção,

absorção, transporte e função nas superfícies das raízes das plantas ou nos tecidos vegetais (ROBSON; PITMAN, 1983; FAGERIA, 2001).

De acordo com Marschner (2012), absorção elevada de quantidades de K, podem reduzir a absorção ou a disponibilidade fisiológica de Ca e Mg. O contrário pode ser recíproco, como mostra o trabalho de Coelho et al. (2014) com pimenta ornamental cultivada em solução nutritiva, em que a omissão de Ca ocasionou aumentos nos teores de K na parte aérea. Em plantas de repolho submetidas à omissão de Ca, Avalhães et al. (2009) constataram altos teores de K na planta inteira (parte aérea+raiz).

Embora a absorção elevada de quantidades de K possa reduzir a absorção de Mg (MARSCHNER, 2012), o inverso não ocorre, ou seja, o aumento na concentração de magnésio não reduz a absorção de K (FONSECA; MEURER, 1997).

O teor de Ca apresentou correlação positiva com o teor de Mg e S do genótipo 1730 (Tabela 5) e apenas com o teor de S do genótipo 190-2 (Tabela 6). Apesar de ter sido obtida correlação positiva entre os nutrientes Ca e Mg, a interação que ocorre entre os íons é de antagonismo, ou seja, o excesso de um prejudica a absorção do outro (MOORE; OVERSTREET; JACOBSON, 1961; PRADO, 2008).

Para a correlação entre o Ca e S não foram encontradas explicações na literatura que justifique a interação entre ambos. Isso mostra que correlações entre nutrientes são bastante complexas e interdependentes, sendo necessárias mais pesquisas para elucidar as correlações reais existentes.

Quanto as correlações entre os teores de proteínas e macronutrientes, foi obtida correlação positiva do teor de N com a proteína prolamina do genótipo 1730 (Tabela 5) e com a globulina do genótipo 190-2 (Tabela 6). O teor de N pode mudar a proporção de albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas (MALAVOLTA; MORAES 2007). Assim, esperava-se que para o nitrogênio houvesse correlação positiva com todas as proteínas, pois segundo Massignam et al. (2009), o N é constituinte essencial das proteínas.

O P apresentou correlação positiva com as proteínas albumina e prolamina e negativa com a glutelina dos dois genótipos (Tabelas 5 e 6). Uma possível explicação para a correlação positiva pode estar relacionada com a interação entre N e P. Em sementes de soja, uma das principais razões para o aumento na

concentração da proteína globulina é devido a interação entre esses dois nutrientes (HAN; JIE; CAI, 2014).

Outra justificativa para a interação do P com as proteínas é que durante a maturação de sementes de eudicotiledôneas, carbono orgânico, nitrogênio e enxofre são armazenados em vacúolos de armazenamento de proteínas, juntamente com ácido fítico (JIANG et al., 2000; SANTOS et al., 2012) que representa 75% do P total acumulado nas sementes (RABOY, 2009).

Os teores de K e Ca tiveram correlação negativa com as proteínas albumina e globulina e positiva com a glutelina dos dois genótipos (Tabelas 5 e 6). O teor de Mg apresentou correlação negativa com as proteínas albumina e globulina e positiva com a glutelina no genótipo 1730 (Tabela 5). Por outro lado, para o genótipo 190-2, houve correlação negativa do teor de Mg apenas com a proteína globulina e positiva com a glutelina (Tabela 6).

A relação do K com as proteínas, assim como o fósforo, pode estar associada a interação que ocorre entre o N e o K, pois a enzima nitrato redutase que catalisa a formação das proteínas é ativada pelo potássio (RENADE-MALVI, 2011).

A relação do Mg com as proteínas não está elucidada, porém segundo Ceylan et al. (2014), pode estar relacionado diretamente com a formação das proteínas ou por meio do aumento da translocação de aminoácidos das folhas para os drenos. Outra justificativa pode estar associado ao fato do Mg participar da ativação enzimática para biossíntese de proteínas e exportação dos fotoassimilados para tecidos em desenvolvimento (CAKMAK; KIRBY, 2008).

Embora a deposição e mobilização de reservas proteicas em sementes não esteja totalmente esclarecida, acredita-se que os cátions  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  contribuam para que esses eventos aconteçam, principalmente com a globulina (SANTOS et al., 2012).

Com relação ao teor de S não foi constatada correlação com as proteínas para os dois genótipos e, assim como para o N, presumia-se que houvesse correlação positiva com todas as proteínas, pelo fato do enxofre ser considerado, segundo Chandra e Pandey (2016), um nutriente que regula o metabolismo das sementes em termos de carboidratos e proteínas de armazenamento (albumina, globulinas, glutelinas e prolaminas).

Algumas proteínas também correlacionaram-se positivamente entre si, como é o caso da albumina com a globulina do genótipo 1730 (Tabela 5) e a prolamina e

globulina do genótipo 190-2 (Tabela 6). Por outro lado, foi observada correlação negativa da proteína albumina com a globulina de ambos os genótipos (Tabelas 5 e 6) e da globulina com a glutelina do genótipo 190-2 (Tabela 6). Entretanto, não há na literatura explicações entre as correlações das proteínas, apenas que a proporção encontrada nas sementes depende da espécie.

## 2.4 Conclusão

Houve redução dos teores de K, Ca e Mg e aumento do teor das proteínas albumina, globulina e prolaminas em função do estágio de maturação dos frutos.

O repouso pós-colheita dos frutos proporcionou maior teor de Ca e da proteína albumina.

A ordem decrescente dos teores de macronutrientes e proteínas nas sementes dos dois genótipos foi sempre a mesma, independente do estágio de maturação e do repouso dos frutos: N>K>P>Mg>S>Ca e albumina>globulina≈glutelina>prolamina, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. **Fósforo**. In: Nutrição mineral de plantas. Fernandes, M.S. (ed.) 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 253-280.
- AVALHÃES, C. C. et al. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional de plantas de repolho cultivado em solução nutritiva. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 5, p. 21-28, 2009.
- BAE, H. et al. Variation of antioxidant activity and the levels of bioactive compounds in lipophilic and hydrophilic extracts from hot pepper (*Capsicum* spp.) cultivars. **Food Chemistry**, London, v. 134, n. 4, p. 1912-1918, 2012.
- BEVILAQUA, G. A. P. et al. Posição do fósforo e potássio na adubação da semente e no crescimento de plântulas de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 2, p. 87-92, 1996.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds. Physiology of development and germination**. 3 ed. New York : Plenum Press, 2012. 392 p.
- CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 133, n. 4, p. 692-704, 2008.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantifications of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analitical Biochemistry**, Alexandria, v. 72, p. 248-254, 1976.

CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better Crops**, Atlanta, v. 94, n. 2, p. 23-25, 2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.LF.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CARDOSO, A. I. I. et al. Phosphate fertilization over the accumulation of macronutrients in cauliflower seed production. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 196-201, jun. 2016.

CARDOSO, A. I. I. Nutrição e adubação em campos de produção de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. M. (Ed.). **Hortaliças: tecnologia de produção de sementes**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. p. 109-134.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Semente: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.

CEYLAN, Y. et al. Magnesium applications to growth medium and foliage affect the starch distribution, increase the grain size and improve the seed germination in wheat. **Plant and Soil**, The Hague, v. 406, n.1-2, p. 145-156, 2016.

COELHO, V. A. T. et al. Nutrição mineral de pimenta ornamental sob deficiências nutricionais. **Nucleus**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 169-178, 2014.

CORRÊA, C. V. et al. Acúmulo de nutrientes em abóbora em função do número de plantas e aplicação de nitrogênio em cobertura. **Cultivando o saber**, Cascavel, v. 9, n. 2, p. 180-191, 2016.

CORRÊA, C. V.; GOUVEIA, A. M. DE S.; CARDOSO, A. I. I. Teores de macronutrientes em função do número de plantas por cova e doses de nitrogênio em cobertura na produção de abóbora. **Cultivando o saber**, Cascavel, v. 7, n. 4, p. 343-352, 2014.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009. 1 CD-ROM.

EMBABY, H.; EL-S.; MOKHTAR, S. M. Chemical composition and nutritive value of lantana and sweet pepper seeds and nabak seed kernels. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 76, n. 5, p. 736-741, 2011.

FAGERIA V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.

FLORES, R. A. et al. Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Agrária**, Recife, v. 7, n. 1, p. 104-110, 2012.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, n.1, p. 47-50, 1997.

HAN, J.; JIE, W. G.; CAI, B. Y. Effect of phosphorus on the composition and accumulation of 7S and 11S globulin subunits during seed development of three soybean varieties. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 14, n. 4, p. 769-782, 2014.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R. L. Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 287-291, 2010.

KOŁODZIEJEK, J. Effect of seed position and soil nutrients on seed mass, germination and seedling growth in *Peucedanum oreoslinum* (*Apiaceae*). **Scientific Reports**, Roma, v. 7, n.1, p. 1-11, 2017.

KOPRIVOVA, A.; SUTER, M.; CAMP, R. O.; BRUNOLD, C.; KOPRIVA, S. Regulation of sulfate assimilation by nitrogen in Arabidopsis. **Plant Physiology**, Washington, v. 122, n. 3, p. 736-746, 2000.

LANNA, N. B. L. **Composto orgânico e torta de mamona na produção e qualidade de frutos e sementes de abobrinha-de-moita**. 2018. 120 f. Tese - (Doutorado em Agronomia-Horticultura) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2018.

MAGRO, F. O. et al. Composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 596-602, 2010.

MAGRO, F. O.; CARDOSO, A. I. I.; FERNANDES, D. M. Acúmulo de nutrientes em sementes de brócolis em função de doses de composto orgânico. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 49-57, 2009.

MAIA, C. E. Época de Amostragem Foliar para Diagnóstico Nutricional em Bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n.1, p.859-864, 2012.

MAIA, C. E. et al. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.292-295, 2005.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Org). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p. 189-238.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ED. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. (3rd Edition). Academic Press: London. 2012. p. 672.

MARTINS, B. N. M. **Doses de enxofre em cobertura com e sem adubação com composto orgânico no plantio na produção e qualidade de sementes de alface**. 2018, 47 F. Tese - (Doutorado em Agronomia-Horticultura) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2018.

MASSIGNAM, A. M. et al. Physiological determinants of maize and sunflower achene yield as affected by nitrogen supply. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 113, n. 3, p. 256-267, 2009.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 281-298

PARK, H. et al. The nutrient composition of the herbicide-tolerant green pepper is equivalent to that of the conventional green pepper. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 26, n. 10, p. 546-548, 2006.

PEÑALOZA, P.; NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de pimentão**. IN: NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de hortaliças volume II. Brasília, DF, ed. Embrapa, 2014. p. 201-231.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407 p.

QUADROS, B. R. et al. Teor de macronutrientes na parte aérea e sementes de plantas de alface em função de doses de composto orgânico com e sem adição de fósforo ao solo. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 1725-1734, 2011.

RABOY, V. Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus. **Plant Science**, Limerick, v. 177, n. 4, p. 281-296, 2009.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 285 p.

SAJID, M. et al. Impact of nitrogen and phosphorus on seed yield and yield components of okra cultivars. **The Journal of Animal and Plant Science**, Pakistan, v. 22, n. 3, p. 704-707, 2012.

SANTOS, C. N. et al. Missing pieces in protein deposition and mobilization inside legume seed storage vacuoles: calcium and magnesium ions. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 22, n. 4, p. 249-258.

SAWAN, Z. M.; FAHMY, A. H.; YOUSEF, S. E. Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium*

*barbadense* L.). **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 57, n. 1, p. 75- 90, 2011.

SILVA; M. P. et al. Influência do molibdênio e do cálcio aplicados via semente nas frações protéicas de amendoim cv.IAC 886. **Semina**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2099-2108. 2012.

SIMINOVSKA, J. et al. Nutritional and bioactive compounds in hot fruits of *Capsicum annuum* L. na Macedonia. **Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering**, Skopje, v. 33, n. 1, p. 97-104, 2014.

TAKAHASHI, H. et al. Sulfur assimilation in photosynthetic organisms: molecular functions and regulations of transporters and assimilatory enzymes. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 62, n. 1, p. 157-184, 2011.

TAN-WILSON, A.; WILSON, K. A. Mobilization of seed protein reserves. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 145, n. 1, p. 140-153, 2012.

TAVARES, A. E. B. **Manejo da adubação nitrogenada na produção e qualidade de frutos e sementes de abobrinha-de-moita**. 2018. 61 f. Tese - (Doutorado em Agronomia-Horticultura) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2018.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W., CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. 2.<sup>a</sup> ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. 51 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196)

UJWALA RANADE-MALVI. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, Bengaluru, v. 24, n. 1, p. 106-109, 2011.

VALE, D. W. et al. Omissão de macronutrientes na nutrição e no crescimento da cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva. **Agrária**, Recife, v. 6, n. 2, p. 189-196, 2011

VITII, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: **Nutrição mineral de plantas**. FERNANDES, M.S. (ed.) 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap 12, p.299-325.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in Plants. **Annals of Botany**, London, v. 92, n. 4, p. 487- 511, 2003.

WHITE, P. J.; VENEKLAAS, E. J. Nature and nurture: the importance of seed phosphorus content. **Plant and Soil**, The Hague, n. 357, n. 1, p. 1-8, 2012.

ZOU, Y.; MA, K.; TIAN, M. Chemical composition and nutritive value of hot pepper seed (*Capsicum annuum*) grown in Northeast Region of China. **Food Science Technology**, Campinas, v. 35, n. 4, p. 659-663, 2015.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem diversos trabalhos de maturação de sementes para o gênero *Capsicum* sp., que corroboraram com esta pesquisa. No entanto, é possível verificar que os resultados podem variar de acordo com a espécie, condições ambientais de cultivo, que pode atrasar ou antecipar o momento da colheita, além dos tratamentos culturais que são aplicados à planta, dentre outros, necessitando, portanto, do conhecimento do comportamento específico para cada espécie e genótipo dentro do ambiente a ser inserido.

Além disso, os focos dos trabalhos futuros devem priorizar metodologias que auxiliem na avaliação da qualidade das sementes como análises bioquímicas e composição química e sua correlação com a qualidade fisiológica, sem, contudo, onerar os custos com análise de qualidade. Por fim, estudos sobre o potencial de armazenamento das sementes também devem ser realizados, o que não foi possível nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- BRUNES, R. R. **Relações entre a qualidade fisiológica de sementes de pimentão e a variabilidade na produção de frutos**. 2013. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2013.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Semente: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P. Vigor de sementes de rabanete e desempenho de plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 44-51, 2006.
- NAKADA, P. G. et al. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 113-122, 2011.
- NASCIMENTO, W. M. **Desafios e oportunidades na produção de sementes de hortaliças no Brasil**. Seednews, 2015. Disponível em: <https://seednews.com.br/edicoes/artigo/1125-desafios-e-oportunidades-na-producao-de-sementes-de-hortalicas-no-brasil-edicao-maio-2015>. Acesso em: 08/10/2018.
- PANDITA, V. K. **Improving planting value of vegetable seeds by physical and physiological methods**. In: Advances in quality seed production of vegetable crops. Centre of Advanced Faculty Training in Horticulture (Vegetables), Compendium 2017, 371 p. Disponível em: <http://www.yspuniversity.ac.in/vgc/caft/Compendium2017-18.pdf>. Acesso em: 08/10/2018.
- SALDIVAR, X.; WANG, Y.; CHEN, P.; HOU, A. Changes in chemical composition during soybean seed development. **Food Chemistry**, Amsterdam, p. 1369-1375, 2011.
- 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
- VIDIGAL, D. S. et al. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 129-136, 2009.

**APÊNDICE A - Genótipo 190-2 com o escurecimento do tegumento das sementes. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**



**APÊNDICE B - Genótipo 1730 sem o escurecimento do tegumento das sementes. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**



**APÊNDICE C – Aspecto visual dos frutos dos dois genótipos no momento da colheita. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.**

