Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Tese

Conservação de pêssegos em sistema refrigerado convencional, atmosfera controlada e dinâmica

Carolina Goulart

Pelotas, 2020.

Carolina Goulart

Conservação de pêssegos em sistema refrigerado convencional, atmosfera controlada e dinâmica

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Fruticultura de Clima Temperado).

Orientador: Prof. Dr. Paulo Celso de Mello Farias

Coorientadores: Pesquisador Dr. Rufino Fernando Flores Cantillano

Prof. Dr. Marcelo Barbosa Malgarim

Pelotas, 2020.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G694c Goulart, Carolina

Conservação de pêssegos em sistema refrigerado convencional, atmosfera controlada e dinâmica / Carolina Goulart ; Paulo Celso de Mello Farias, orientador ; Rufino Fernando Flores Cantillano, Marcelo Barbosa Malgarim, coorientadores. — Pelotas, 2020.

119 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. *Prunus persica* (L.) Batsch. 2. Ultrabaixo oxigênio. 3. Fluorescência da clorofila. 4. Controle atmosférico. I. Farias, Paulo Celso de Mello, orient. II. Cantillano, Rufino Fernando Flores, coorient. III. Malgarim, Marcelo Barbosa, coorient. IV. Título.

CDD : 634.25

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Celso de Mello Farias:_____
(Departamento de Fitotecnia/FAEM/UFPEL)

Prof. Dra. Elessandra da Rosa Zavareze_____
(Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial/ FAEM/ UFPEL)

Dra. Nicácia Portella Machado:_____
(Postdoc/UCPEL)

Dra. Rossana Catie Bueno de Godoy:_____
(Pesquisadora da Embrapa Florestas)

Prof. Dr. Valdecir Carlos Ferri:_____
(Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos/UFPEL)

Dedico,

Ao meu amor Gabriel Almeida Aguiar. Aos meus pais Cláudio F. Goulart e Eliane Marise S. Goulart e meu irmão Juliano Goulart. Aos meus sogros Rubens C. Aguiar e Ireni T. A. Aguiar.

Agradecimentos

À Deus pelo dom da vida!

À Universidade Federal de Pelotas (UFPel), pela formação e pelo suporte oferecido da graduação ao doutorado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA) da Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da UFPel, pela oportunidade de realização do Curso e a equipe de funcionários e professores do PPGA.

À Embrapa Clima Temperado, pela disponibilidade da infraestrutura concedida para a realização deste trabalho e principalmente a equipe de funcionários do Núcleo de Alimentos/ Fisiologia Pós-Colheita, em especial a Núbia Ferri, pela amizade e disposição em auxiliar e atender as necessidades.

Ao orientador Prof. Dr. Paulo Celso e aos coorientadores, Prof. Dr Marcelo Malgarim e Dr. Rufino F. Cantillano, pela orientação, confiança, amizade, experiência repassada e ensinamentos transmitidos. Com uma gratidão especial ao Dr. Cantillano, que me acompanhou no dia e que não mediu esforços para que esse trabalho fosse concretizado.

Ao meu amor e companheiro de vida, Gabriel Almeida Aguiar, pela compreensão e apoio nos momentos difíceis no decorrer desses últimos anos, por me fazer acreditar na minha capacidade de superar os obstáculos e pela ajuda incondicional fornecida na realização deste trabalho.

Aos meus pais Claudio F. Goulart e Eliane M.S. Goulart, que estão sempre ao meu lado apoiando em todos os momentos e nas minhas decisões e aos meus familiares, em especial ao meu irmão Juliano Goulart e família, meus sogros Rubens C. Aguiar e Ireni T. A. Aguiar e aos cunhados Vinicius Aguiar e Maicon Aguiar e família e aos compadres e afilhados, por compreender os momentos que me fiz ausente.

Aos amigos e colegas, Jéssica, Jardel, Mauricio, Izabel, Carol, Cláudia, Samara, Maristela, Guilherme, Sabrina, Liane, Débora, Jennifer e Laís pela ajuda na condução e avaliação dos experimentos.

As amigas Flávia, Suelen, Andressa e Angélica e ao amigo Jacob, pela amizade incondicional e apoio em tudo apesar das distâncias.

A todas aquelas pessoas que de alguma maneira me ajudaram durante toda essa trajetória.

MUITO OBRIGADA!!!

"Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes". (Marthin Luther King)

Resumo

GOULART, Carolina. **Conservação de pêssegos em sistema refrigerado convencional, atmosfera controlada e dinâmica.** 2020. 119f. Tese (Doutorado em Ciências, área de concentração em Fruticultura de Clima Temperado), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

Os frutos de pêssego (*Prunus persica* (L.) Batsch) têm grande impacto econômico em todo o mundo, mas são caracterizadas por curta vida útil no mercado, apresentam um aumento climatérico na produção de etileno e na taxa de amadurecimento. Para aumento de vida útil desses frutos faz-se necessário o armazenamento refrigerado, como esse pode apresentar algumas limitações, é indispensável se utilizar de outras tecnologias como atmosferas controladas, sendo elas, convencional, ultrabaixo oxigênio e dinâmica. Através desse trabalho objetivou-se avaliar os sistemas de armazenamento refrigerado em atmosferas controlada, atmosfera controlada de ultrabaixo oxigênio e atmosfera controlada dinâmica na manutenção da qualidade de pêssegos, por diferentes períodos de armazenamento, assim como, a resposta desses frutos ao sensor de fluorescência estressadas pela redução de oxigênio. Pêssegos 'Jubileu' foram armazenados e avaliados aos 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias, simulação por 24 h a 20°C; pêssegos 'Sensação' foram armazenados e avaliados aos 0, 15, 30, 45 e 60 dias e simulação por 24 h a 20 °C e pêssegos 'Olímpia' foram armazenados e avaliados aos 0, 12, 24, 36 e 48 dias e simulação por 48h a 20°C. Os frutos foram submetidas às seguintes concentrações atmosféricas: 20-21%O_2 + 0,03-1%CO_2 em atmosfera refrigerada (AR); 1%-2%O_2 + 10-11% CO_2 em atmosfera controlada (AC); 0,5-0,6% O_2 + 4-5% CO_2 em atmosfera controlada de ultrabaixo O_2 (ULO) e 0,4-0,5% O_2 + 10-11% CO_2 em atmosfera controlada dinâmica (ACD) (com sensores de fluorescência). A temperatura de 1 ºC e umidade relativa de 90-95% foi mantida constante nas câmaras frias. Foram avaliados os parâmetros de qualidade: sólidos solúveis totais, potencial hidrogeniônico, acidez titulável, relação sólidos solúveis totais por acidez titulável, firmeza de polpa e epiderme, perda de massa, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, carotenoides totais, incidência de podridão, parâmetros da cor, etileno; acetaldeído e etanol. Foi realizada a análise de variância, teste de Tukey, regressão e análise multivariada. Os três experimentos apresentaram alto percentual de perda de massa em AR, diminuição do avanço do amadurecimento através dos parâmetros físico-químicos, como SST, AT, °HueE, °HueP, FP em AC, ULO e ACD, presença mais acentuada de acetaldeído e etanol e redução do etileno em AC e ACD. Os compostos fitoquímicos como AA, CFT e CT sofreram poucas alterações durante o armazenamento nos três sistemas. Os pêssegos 'Sensação' e 'Olímpia', responderam ao sensor de fluorescência aos serem submetidos ao estresse por oxigênio. Os frutos de 'Jubileu' mantiveram os melhores parâmetros de qualidade físico-química até 50 dias em AC. Com a análise fatorial em 'Sensação', foram identificadas as variáveis etileno, perda de massa, firmeza de polpa e sólidos solúveis totais como as mais importantes neste experimento. A cultivar de pêssego 'Olímpia' aos 48 dias apresentou sensibilidade à injúria por frio, com escurecimento de polpa em todos os sistemas de armazenamento.

Palavras Chave: *Prunus persica* (L.) Batsch; ultrabaixo oxigênio; fluorescência da clorofila; controle atmosférico.

Abstract

GOULART, Carolina. **Conservation of peaches in a conventional refrigerated system, controlled and dynamic atmosphere.** 2020. 119f. Thesis (Doctorate in Sciences, area of concentration in Temperate Climate Fruits), Pos-graduate Program in Agronomy, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas. Pelotas, 2020.

The peach fruit (*Prunus persica* (L.) Batsch) have great economic impact worldwide but are characterized by high perishability and short life in the market, presenting a climatic increase in ethylene production and in the ripening rate. To increase the useful life of these fruits, refrigerated storage is necessary, as this may present some limitations, it is essential to use other technologies such as controlled atmospheres, which were conventional, ultra-low oxygen and dynamic. Through this work, you can evaluate storage systems refrigerated in controlled atmospheres, atmosphere controlled ultra-low oxygen atmosphere and controlled by maintaining quality peaches, for different storage periods, as well as the response of these fruits to the fluorescence sensor stressed by the reduction of oxygen. 'Jubileu' peaches were stored and evaluated at 0, 10, 20, 30, 40 and 50 days, simulation for 24h at 20 °C; 'Sensação' peaches were stored and evaluated at 0, 15, 30, 45 and 60 days and simulation for 24 h at 20 °C and 'Olímpia' peaches were stored and evaluated at 0, 12, 24, 36 and 48 days and simulation by 48h at 20°C. The fruits were subjected to the following atmospheric concentrations: 20-21% O2 + 0.03-1% CO2 in a refrigerated atmosphere (RA); 1% -2% O2 + 10-11% CO2 in a controlled atmosphere (CA); 0.5-0.6% O2 + 4-5% CO2 in controlled atmosphere of ultra-low O2 (ULO) and 0.4-0.5% O2 + 10-11% CO2 in dynamic controlled atmosphere (DCA) (with sensors fluorescence). The temperature of 1 ºC and relative humidity of 90-95% was kept constant in the cold chambers. The quality parameters were evaluated: total soluble solids, hydrogen potential, titratable acidity, total soluble solids ratio by titratable acidity, pulp and epidermis firmness, weight loss, total phenolic compounds, antioxidant activity, total carotenoids, rot incidence, parameters color, ethylene; acetaldehyde and ethanol. Analysis of variance, Tukey test, regression and multivariate analysis were performed. The three experiments showed a high percentage of mass loss in RA, decreased ripening progress through physical-chemical parameters, such as SST, AT, °HueE, °HueP, FP in AC, ULO and ACD, more accentuated presence of acetaldehyde and ethanol and ethylene reduction in AC and ACD. Phytochemicals such as AA, CFT and CT underwent few changes during storage in the three systems. The 'Sensação' and 'Olímpia' peaches responded to the fluorescence sensor when subjected to oxygen stress. The 'Jubileu' fruits maintained the best quality parameters for up to 50 days in CA. With the factor analysis in ‘Sensação’, the variables ethylene, mass loss, pulp firmness and total soluble solids were identified as the most important in this experiment. The peach cultivar 'Olímpia' at 48 days showed sensitivity to cold injury, with browning of pulp in all storage systems.

Key words: *Prunus persica* (L.) Batsch; ultra-low oxygen; chlorophyll fluorescence; atmospheric control.

Lista de Figuras

Figura 1. Regressão para os sólidos solúveis totais (°Brix) de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 37

Figura 2. Regressão para o potencial hidrogeniônico (pH) de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 38

Figura 3. Acidez titulável de pêssegos ‘Jubileu’ em diferentes períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 39

Figura 4. Regressão para a relação SST/AT de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 40

Figura 5. Regressão para a firmeza de polpa de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Pelotas-RS, 2020. 42

Figura 6. Regressão para a perda de massa de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 43

Figura 7. Coloração da epiderme de pêssegos ‘Jubileu’ em diferentes períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 44

Figura 8. Regressão para a açúcares redutores de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 46

Figura 9. Regressão para açúcares redutores de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 47

Figura 10. Incidência de podridões em pêssegos ‘Jubileu’ armazenados em SAR, SAC e SAUO em 0,10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 50

Figura 11. Potencial hidrogeniônico (pH) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 56

Figura 12. Acidez titulável (AT) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.....57

Figura 13. Relação entre sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.....58

Figura 14. Firmeza de polpa de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.....59

Figura 15. Firmeza da epiderme de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.....60

Figura 16. Perda de massa de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.....61

Figura 17. Luminosidade da epiderme (L*E) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 62

Figura 18. Coordenada a* da epiderme (a*E) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 62

Figura 19. Coordenada b* da epiderme (b*E) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 63

Figura 20. Coloração da epiderme (°HueE) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 64

Figura 21. Luminosidade da polpa (L*P) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 65

Figura 22. Coordenada a*P da polpa (a*P) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 65

Figura 23. Coordenada b* da polpa (b*P) de pêssegos ‘Sensação’ nos diferentes períodos de armazenamento (0, 15, 30, 44 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 66

Figura 24. Coloração da polpa (°HueP) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 67

Figura 25. Concentração de etileno dos pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 68

Figura 26. Concentração de acetaldeído dos pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 70

Figura 27. Concentração de etanol dos pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 71

Figura 28. Incidência de podridões em pêssegos ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD em 0,15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 75

Figura 29. Representação gráfica da distribuição das variáveis analisadas nos pêssegos ‘Sensação’, armazenados em AR, AC e ACD, por 0, 15, 30, 45 e 60 dias, após rotação varimax ortogonal para os fatores 1 e 2. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. 78

Figura 30. Representação gráfica das atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em pêssegos ‘Sensação’ provenientes de diferentes períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias), após rotação varimax ortogonal para os fatores 1 e 2. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.AR – Atmosfera Refrigera; AC – Atmosfera Controlada e ACD – Atmosfera Controlada Dinâmica.....78

Figura 31. Representação gráfica dos períodos de armazenamento 0, 15, 30, 45 e 60 dias de pêssegos ‘Sensação’ provenientes de atmosferas de armazenamento refrigerada, controlada e controlada dinâmica, após rotação varimax ortogonal para fatores 1 e 2. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. 79

Figura 32. Representação gráfica da distribuição das variáveis analisadas nos pêssegos ‘Sensação’, armazenados em AR, AC e ACD, por 0, 15, 30, 45 e 60 dias, após rotação varimax ortogonal para os fatores 1 e 3. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. 80

Figura 33. Representação gráfica das atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em pêssegos ‘Sensação’ provenientes de diferentes períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias), após rotação varimax ortogonal para os

fatores 1 e 3. Embrapa Clima Temperado, Pelotas. AR- Atmosfera Refrigerada; AC- Atmosfera Controlada e Atmosfera Controlada Dinâmica. 81

Figura 34. Representação gráfica dos períodos de armazenamento 0, 15, 30, 45 e 60 dias de pêssegos 'Sensação' provenientes de atmosferas de armazenamento refrigerada, controlada e controlada dinâmica, após rotação varimax ortogonal para fatores 1 e 3. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. 81

Figura 35. Luminosidade da epiderme de pêssegos 'Olímpia' em distintos períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 85

Figura 36. Coordenada a* da cor da epiderme (a*E) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 85

Figura 37. Coordenada b* da cor da epiderme (b*E) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 86

Figura 38. Coloração da epiderme (°HueE) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 87

Figura 39. Luminosidade da polpa de pêssegos 'Olímpia' em diferentes períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 88

Figura 40. Coordenada a* da cor da polpa (a*P) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 89

Figura 41. Coordenada b* da polpa de pêssegos 'Olímpia' em distintos períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 89

Figura 42. Coloração da polpa (°HueP) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 91

Figura 43. Sólidos solúveis totais (SST) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 92

Figura 44. Potencial hidrogeniônico (pH) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 93

Figura 45. Acidez titulável de pêssegos 'Olímpia' em distintos períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 94

Figura 46. Relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) em pêssego ‘Olímpia’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 95

Figura 47. Perda de massa (PM) em pêssego ‘Olímpia’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 96

Figura 48. Acetaldeído em pêssego ‘Olímpia’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 98

Figura 49. Etanol em pêssego ‘Olímpia’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 99

Figura 50. Incidência de podridões em pêssegos ‘Olímpia’ armazenados em AR, AC e ACD em 0,12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.101

Figura 51. Frutos de pêssego Jubileu armazenados em SAR, SAC e SAUO, em 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Referente ao experimento 1. 118

Figura 52. Frutos de pêssego Sensação armazenados em AR, AC e ACD, em 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Referente ao experimento 2. 118

Figura 53. Frutos de pêssego Olímpia armazenados em AR, AC e ACD, em 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Referente ao experimento 3. 119

Figura 54. Frutos de pêssego Olímpia armazenados em AR, AC e ACD, em 12, 24, 36 e 48 dias. Referente ao experimento 3 – Escurecimento de polpa. 119

Lista de Tabelas

Tabela 1. Análise de variância para os parâmetros físico-químicos (SST, pH, AT, SST/AT, FP, PM, °HueE e °HueP) e fitoquímicos (AR, AÑR, CFT, AA e CT) de pêssego 'Jubileu' em diferentes sistemas e períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas - RS, 2020. 36

Tabela 2. Valores dos sólidos solúveis totais em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 38

Tabela 3. Valores do potencial hidrogeniônico em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado Pelotas-RS, 2020. 38

Tabela 4. Valores de acidez titulável em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 39

Tabela 5. Valores da relação SST/AT em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 40

Tabela 6. Valores de firmeza de polpa em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 41

Tabela 7. Valores de perda de massa em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 43

Tabela 8. Valores da coloração da epiderme em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 44

Tabela 9. Valores da coloração da polpa em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 45

Tabela 10. Valores dos açucares redutores em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 45

Tabela 11. Valores dos açúcares não redutores em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 46

Tabela 12. Valores dos compostos fenólicos totais em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 47

Tabela 13. Valores da atividade antioxidante em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 48

Tabela 14. Valores de carotenoides totais em pêssego ‘Jubileu’ armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 49

Tabela 15. Análise de variância para os parâmetros físico-químicos (SST, pH, AT, SST/AT, FP, FE, PM, LE, aE, bE, °HueE, LP, aP, bP e °HueP), cromatográficos (Etileno, Acetal e Etanol) e fitoquímicos (CFT, AA e CT) de pêssego ‘Sensação’ em diferentes sistemas e períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas - RS, 2020. 54

Tabela 16. Valores dos sólidos solúveis totais em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 55

Tabela 17. Valores do potencial hidrogeniônico em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 56

Tabela 18. Valores da acidez titulável em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 58

Tabela 19. Valores da firmeza de polpa em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 59

Tabela 20. Valores da firmeza da epiderme em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 60

Tabela 21. Valores da perda de massa em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 61

Tabela 22. Valores das médias da concentração de etileno em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 69

Tabela 23. Valores da concentração de acetaldeído em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 70

Tabela 24. Valores das concentrações de etanol em pêssegos ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 71

Tabela 25. Valores dos compostos fenólicos totais em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 73

Tabela 26. Valores da atividade antioxidante em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 74

Tabela 27.Valores de carotenoides totais em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 75

Tabela 28. Autovalores, variância explicada e variância acumulada para os quatorze fatores que demonstram 100% da variabilidade das variáveis analisadas, em pêssegos ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD por 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS,2020. 76

Tabela 29. Principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade em cada fator da matriz fatorial rotada, em pêssegos ‘Sensação’ armazenados nas atmosferas AR, AC e ACD, por diferentes períodos 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 77

Tabela 30. Análise de variância para os parâmetros físico-químicos (SST, pH, AT, SST/AT, FP, PM, L*E, a*E, b*E, °HueE, L*P, a*P, b*P e °HueP), cromatográficos (Etileno, Acetal. e Etanol) e fitoquímicos (CFT, AA e CT) de pêssego ‘Olímpia’ em diferentes sistemas e períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado. Pelotas - RS, 2020. 84

Tabela 31. Valores da coordenada a* da cor da epiderme (a*E) em pêssego ‘Olímpia’ armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 86

Tabela 32. Valores da coloração da epiderme (°HueE) em pêssego ‘Olímpia’ armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 87

Tabela 33. Valores da coordenada a* da cor da polpa (a*P) em pêssego ‘Olímpia’ armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 89

Tabela 34. Valores da coloração da polpa (°HueP) em pêssego ‘Olímpia’ armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 91

Tabela 35. Valores dos sólidos solúveis totais (SST) em pêssego ‘Olímpia’ armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 92

Tabela 36. Valores do potencial hidrogeniônico (pH) em pêssego ‘Olímpia’ armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 93

Tabela 37. Valores de acidez titulável (AT) em pêssego ‘Olímpia’ armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada

dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 94

Tabela 38. Valores da relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 95

Tabela 39. Valores da perda de massa (PM) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 96

Tabela 40. Valores de etileno em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 97

Tabela 41. Valores de acetaldeído (Acetal.) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 98

Tabela 42. Valores de etanol em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 99

Tabela 43. Valores de atividade antioxidante (AA) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 100

Tabela 44. Valores de carotenoides totais (CT) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020. 101

Sumário

Agradecimentos 6
Resumo 8
Abstract 9
Lista de Figuras 10
Sumário 19
1. Introdução e Justificativa 21
1.1. Hipóteses 23
1.2. Objetivos 24
1.2.1. Objetivo geral 24
1.2.2. Objetivos específicos 24
2. Revisão da literatura 24
2.1. O Pessegueiro 24
2.1.1. Cultivar Jubileu 25
2.1.2. Cultivar Sensação 26
2.1.3. Cultivar Olímpia 26
2.1.4. Qualidade Físico-química 27
2.2. Sistemas de Armazenamento 27
2.2.1. Refrigerado 27
2.2.2. Atmosfera Controlada e Ultrabaixo oxigênio 28
2.2.3. Atmosfera Controlada Dinâmica – Fluorescência da Clorofila 30
3. Experimento 1: Armazenamento refrigerado de pêssego ‘Jubileu’ sob diferentes condições atmosféricas 32
3.1. Material e Métodos 32
3.2. Resultados e Discussão 36
3.3. Conclusões 50
4. Experimento 2: Conservação de pêssego ‘Sensação’ em sistema refrigerado convencional, atmosfera controlada e atmosfera controlada dinâmica 51
4.1. Material e Métodos 51
4.2. Resultados e Discussão 54
4.3. Conclusões 81
5. Experimento 3: Conservação de pêssego ‘Olímpia’ em sistema refrigerado convencional, atmosfera controlada e atmosfera controlada dinâmica 82
5.1. Material e Métodos 82

5.2. Resultados e Discussão 83
5.3. Conclusões 102
6. Considerações finais 102
7. Referências 103
8. Anexos 118

1. Introdução e Justificativa

O Brasil teve uma produção de 219.598 toneladas de pêssegos no ano de 2019, sendo a região Sul detentora de 80%, com o estado do Rio Grande do Sul como maior produtor com 143.431 toneladas, ou seja, 66,68% do total produzido, representado assim ser uma cultura de importância econômica para o estado (IBGE, 2019).

O pêssego (*Prunus persica* L. Batsch) é um fruto bastante apreciado devido ao seu sabor, à sua aparência (ASSUMPÇÃO et al., 2015). Esse fruto possui grande impacto econômico em todo o mundo, mas se caracterizam por curta vida útil no mercado, apresentando um aumento climatérico na produção de etileno e um aumento igualmente da taxa de amadurecimento (MANGANARIS; CRISOSTO, 2020). Os pêssegos são organismos, que mesmo após a colheita, permanecem vivas com as funções fisiológicas como respiração e transpiração sendo realizadas normalmente, com isso, as mudanças metabólicas após a colheita não podem ser impedidas, apenas retardadas com um bom manejo pós-colheita (CANTILLANO, 2014).

Durante o processo de amadurecimento dos frutos ocorrem mudanças que abrangem o desenvolvimento da cor, hidrólise do amido, acumulação de açúcares, produção de compostos do aroma, transformações de ácidos orgânicos e amolecimento (TAIZ et al., 2017). Essas mudanças podem ocasionar perdas de qualidade na pós-colheita durante o armazenamento de pêssegos, principalmente por alterações metabólicas, danos mecânicos, redução da firmeza de polpa, incidência de podridões e desordens fisiológicas. Estas perdas são influenciadas por fatores genéticos, ponto de maturação na colheita, manipulação, condições de colheita e pelo sistema de armazenamento (ROMBALDI et al., 2002; CRISOSTO et al., 2006). Para retardar as mudanças metabólicas, diminuir as perdas e aumentar a vida útil pós-colheita dos frutos, tecnologias de armazenamento vêm sendo utilizadas.

Entre os métodos comerciais utilizados para a conservação dos frutos, a refrigeração é a mais empregada (PEGORARO et al., 2010; PINTO et al., 2012) devido ao menor custo que esta prática envolve (BARRETO et al., 2019). Contudo longos períodos de armazenamento a frio podem induzir uma redução na qualidade dos frutos (INFANTE et al., 2008), afetando a firmeza, causando distúrbios fisiológicos

e incidência de podridões (BRACKMANN et al., 2003; GINÉ-BORDONABA et al., 2016).

As pesquisas mais recentes sobre o metabolismo respiratório, associado à refrigeração, modificação e controle de gases em câmaras especiais, têm propiciado vida útil prolongada com manutenção da qualidade de alguns produtos, notadamente os de clima temperado (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O armazenamento refrigerado vem sendo substituído pela atmosfera controlada, a qual é mais eficiente na redução da respiração e da produção de etileno, e consequentemente do amadurecimento (ECHEVERRÍA et al., 2004; GWANPUA et al., 2012; BOTH et al., 2014). O armazenamento em atmosfera controlada e ultrabaixo oxigênio, são sistemas fechados, onde há maneiras de regular os gases, para que se tornem diferentes da concentração atmosférica normal (WRIGHT et al., 2015). A baixa pressão de O_2 combinada com a alta pressão de CO_2, empregadas no armazenamento em atmosfera controlada, reduz a produção de etileno e a taxa respiratória, conservando assim, as características físico-químicas e inibindo e/ou diminuindo a ocorrência de alguns distúrbios fisiológicos (GWANPUA et al., 2012; WEBER et al., 2013; BOTH et al., 2014).

Em pêssegos e nectarinas, são recomendadas concentrações de 1,5% a 3% de O_2 e de 3% a 7% de CO_2 em temperaturas de 0ºC a 1ºC dependendo da variedade (CANTILLANO, 2014). Os pêssegos podem ser armazenados em atmosfera controlada com 1% a 2% O_2 e 3% a 5% CO_2 e temperatura de 0,5 °C a 1 ºC por até seis semanas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em pêssegos ‘Chimarrita’ o uso de 5,0% O_2 + 10,0% CO_2 é o mais eficiente (BRACKMANN et al., 2003). Para pêssegos ‘Maciel’ a melhor condição para seu armazenamento é com temperatura de -0,5 °C, associada com o uso de atmosfera controlada com 1,0% O_2 + 3,0% CO_2 (SESTARI et al., 2008).

No armazenamento pós-colheita de maçã há uma nova tecnologia que leva em consideração a tolerância dos frutos a baixos níveis de O_2. Essa tecnologia é capaz de detectar níveis adequados de O_2 de acordo com o ambiente de armazenamento, sendo denominada atmosfera controlada dinâmica, sendo medida através de sensores de fluorescência (PRANGE et al., 2003; DeLONG et al., 2004; ZANELLA et al., 2005; PRANGE et al., 2007; BURDON et al., 2008). A atmosfera controlada dinâmica com o controle de fluorescência está ganhando espaço mundialmente a nível comercial, principalmente para cadeia produtiva da maçã e da pera, sendo

comercializada pela empresa italiana Isolcell (PRANGE et al., 2010; PRANGE et al., 2011). Contudo, pesquisas continuam sendo feitas para outros frutos e hortaliças (PRANGE et al., 2013), mas na lista descrita pela empresa fabricante não há dados sobre pêssegos.

Mditshwa et al. (2018), em uma revisão detalhada da literatura mostraram que ACD é um produto não químico altamente eficaz tratamento pós-colheita para manter a qualidade e controle distúrbios fisiológicos de maçãs. Weber et al. (2020), com armazenamento de maçãs 'Braeburn' a 3°C sob ACD-RQ obtiveram efeito significativo na inibição do amolecimento. Aplicação de AVG + ANA aliado ao armazenamento em ACD-FC e ACD-RQ foi uma ferrramenta promissora para manter a firmeza de polpa, reduzir distúrbios fisiológicos e maior percentual de frutas saudáveis em maçãs 'Royal Gala' (DE OLIVEIRA ANESE et al., 2020).

No Brasil, o armazenamento em atmosfera controlada dinâmica está em fase de adequação dos protocolos para a cadeia produtiva da macieira, através de estudos desenvolvidos na Embrapa Clima Temperado em parceria com a empresa Rasip. Pelo fato, da região de Pelotas ser um polo produtivo da cadeia do pêssego e com a finalidade de encontrar alternativas aos produtores para um aumento da vida útil dos frutos é que o trabalho se justifica. Objetivou verificar a qualidade dos frutos armazenados em refrigeração convencional, atmosfera controlada, ultrabaixo oxigênio e atmosfera controlada dinâmica, assim como verificar o desempenho dos frutos de pêssegos aos sensores de fluorescência.

1.1. Hipóteses

Experimentos 1, 2 e 3:

Os sistemas de armazenamento refrigerado em atmosfera controlada, atmosfera controlada de ultrabaixo oxigênio e atmosfera controlada dinâmica, mantêm a qualidade dos frutos de pêssego.

Experimentos 2 e 3:

Os frutos de pêssego submetidas ao estresse por oxigênio respondem ao sensor de fluorescência.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Avaliar os sistemas de armazenamento refrigerado em atmosferas controlada, atmosfera controlada de ultrabaixo oxigênio e atmosfera controlada dinâmica na manutenção da qualidade de pêssegos, por diferentes períodos de armazenamento, assim como, a resposta desses frutos à redução de oxigênio.

1.2.2. Objetivos específicos

Experimentos 1:

Avaliar a qualidade físico-química de pêssegos ‘Jubileu’ armazenados sob refrigeração, em diferentes condições atmosféricas, por até 50 dias.

Experimentos 2:

Avaliar os efeitos dos armazenamentos refrigerados em atmosfera controlada e atmosfera controlada dinâmica na manutenção da qualidade físico-química de pêssegos ‘Sensação’, submetidos ao estresse da redução de oxigênio e armazenados por até 60 dias.

Experimentos 3:

Avaliar os efeitos dos armazenamentos refrigerados em atmosfera controlada e atmosfera controlada dinâmica na manutenção da qualidade físico-química de pêssegos ‘Olímpia’, submetidos ao estresse da redução de oxigênio e armazenados por até 60 dias.

2. Revisão da literatura

2.1. O Pessegueiro

O pessegueiro cultivado *Prunus persica* (L.) Batsch é uma árvore caducifólia, que pode atingir até 10 m de altura. Pertence à divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, subclasse Rosidae, ordem Rosales, família Rosacea, subfamília Prunoide, gênero *Prunus*, subgênero *Amygdalus*, seção Euamygdalus (RASEIRA et al., 2008).

A espécie apresenta três variedades botânicas: *Prunus persica* var. *vulgaris*, a qual pertence o pessegueiro (com frutos de epiderme pilosa), *Prunus persica* var. *nucipersica*, que compreende a nectarina (com frutos de epiderme glabra) e *Prunus persica* var. *platicarpa*, cujo fruto tem formato achatado e é conhecido como pêssego chato (RASEIRA et al., 2014). O centro de origem do *Prunus* spp. é a China, todos os pessegueiros cultivados comercialmente para produção de frutos são da espécie *P. persica* (FRANZON; RASEIRA, 2014).

O pêssego é uma típica drupa carnosa, com fino pericarpo, mesocarpo polposo e endocarpo lenhoso. Existe uma linha de sutura que vai da inserção do pedúnculo até o ápice do fruto. A cor da epiderme, creme-esverdeada, varia do amarelo-claro ao alaranjado e, sobre essa pigmentação de fundo, muitas cultivares exibem uma rica coloração de rósea a vermelha. O pericarpo pode ser livre ou aderente à polpa, que pode ser amarela ou branca. E a polpa pode ser livre ou aderente ao caroço, podendo ainda apresentar pigmentação vermelha junto à epiderme e ao caroço (SACHS; CAMPOS, 1998).

Os pêssegos são frutos climatéricos, já que manifestam um aumento da taxa respiratória e da produção endógena de etileno durante o processo de maturação. Este comportamento climatérico permite que os frutos, após a colheita, continuem amolecendo a polpa, incrementando o teor de açúcares e sofrendo mudanças de coloração e aromas. No final do período climatério, a taxa respiratória diminui (CANTILLANO, 2003).

Tem-se observado que nos últimos anos os produtores da região de Pelotas, RS, basicamente produtores familiares, têm implantado pomares com cultivares de duplo propósito, ou seja, destinadas ao processamento industrial e para o consumo in natura (Madail et al., 2007).

2.1.1. Cultivar Jubileu

A cultivar Jubileu origina-se de hibridação na qual um dos progenitores é a cultivar Bolinha, que apresenta certa resistência à podridão parda dos frutos. Mesmo em condições de solo pobre, a planta é produtiva e apresenta boa sanidade. Produz frutos redondos e sem ponta, de película amarela com até 20% de vermelho. A polpa é firme e de sabor doce-ácido. Os frutos são do tipo conserva e apresentam bom sabor e aroma. São indicados para processamento, embora, por suas características, possam ter boa aceitação no mercado in natura. O diâmetro transversal é, em geral,

superior a 6 cm. O conteúdo de sólidos solúveis tem variado de 12 a 16,6 ° Brix, conforme as condições do ano e o pH fica ao redor de 3,6. A plena floração ocorre em meados de fim de agosto. A colheita inicia, geralmente, ao final de dezembro, após a cv. Diamante, coincidindo com a cv. Eldorado na maioria dos anos. É indicada para áreas com 250 a 350 horas de acúmulo de frio hibernal (RASEIRA; NAKASU, 1998).

2.1.2. Cultivar Sensação

A cultivar Sensação foi obtida em 1980, por polinização livre da seleção Conserva 471, que, por sua vez, é originária de hibridação entre a antiga cv. Alpes e a seleção Conserva 102. Os frutos são de forma redonda a redonda cônica, podendo apresentar sutura desenvolvida; de tamanho grande, variando o diâmetro transversal, entre 5,4 cm a 8,3cm. A película é amarelo alaranjada, com até 60% de vermelho e a polpa é amarela, não fundente e firme. Compotas desta seleção apresentaram sabor ácido, textura macia, cor considerada atraente a muito atraente e boa uniformidade sem escurecimento(oxidação). Esta cultivar não é resistente à bacteriose (*Xanthomonas arboricola* pv*. pruni*), mas geralmente, a incidência da doença é baixa e aparece, principalmente, nas folhas. A sua necessidade em frio é estimada em menos de 300 horas (RASEIRA et al., 2014).

2.1.3. Cultivar Olímpia

A cultivar Olímpia resulta de cruzamento realizado em 1983 entre a cultivar Bolinha e uma seleção introduzida do México (7-28). Foi selecionada em 1986 e avaliada como Conserva 872. Os frutos têm formato redondo a redondo-cônico, e podem, às vezes, apresentar sutura levemente desenvolvida. São de tamanho médio com diâmetro médio entre 5 cm e 7 cm. O peso médio varia, conforme o ano, de 74g a 152 g, mas em geral é ao redor de 80 g. Apresenta película amarela, com até 5% de vermelho. A polpa é amarelo-escura, de firmeza média a boa (quando os frutos estão maduros têm firmeza de 8,7 lb cm^{-2} a 9,9 lb cm^{-2}). Oxida com relativa facilidade. É não fundente e seu sabor é doce-ácido. O teor de sólidos solúveis é elevado, variando entre 14,8 °Brix e 19,9 °Brix. Estima-se que esta cultivar tenha necessidade em frio em torno de 300 horas. Maturação: a colheita da cv. Olímpia inicia-se, em média, na segunda dezena de janeiro, e estende-se, em alguns anos, até o final do mês (RASEIRA et al., 2014).

2.1.4. Qualidade Físico-química

A qualidade pode ser definida como o conjunto de características que diferenciam componentes individuais de um mesmo produto, e que tem significância na determinação do grau de aceitação pelo comprador. Portanto, devem ser consideradas as características físicas, sensoriais e a composição química, bem como devem ser realizadas associações ou relações entre as medidas objetivas e subjetivas, para melhor entendimento das transformações que ocorrem e que afetam ou não a apreciação do produto (CHITARRA, 1994).

Segundo Torrelardona (1983), as principais alterações físico-químicas que ocorrem em frutos na pós-colheita são: cor, sabor, aroma e firmeza da polpa, as quais se relacionam com os pigmentos, a textura, as pectinas, os ácidos orgânicos, as vitaminas, os compostos fenólicos e os compostos voláteis. Dentre as características físico-químicas utilizadas na avaliação da qualidade dos frutos, consideram-se as mais comuns: cor, peso, firmeza da polpa, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/AT (KLUGE et al., 2002).

2.2. Sistemas de Armazenamento

2.2.1. Refrigerado

O armazenamento refrigerado, principal método utilizado para conservação de pêssegos, diminui o metabolismo e evita a sua rápida deterioração. Porém, em armazenamentos mais prolongados, há acentuada perda de firmeza de polpa, a ocorrência de distúrbios fisiológicos e a incidência de podridões são os principais problemas que ocorrem durante a frigoconservação (BRACKMANN et al., 2003).

No armazenamento refrigerado de pêssegos e nectarinas, as temperaturas recomendadas variam de -0,5 a 0 ºC (CALERO et al., 1992). Nessas condições, os frutos podem ser conservados por 2 a 4 semanas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O potencial de armazenagem dos frutos de caroço varia muito entre cultivares, sendo de 1 a 5 semanas para o pêssego (CRISOSTO, 1999). No Brasil, o potencial de armazenagem de pêssegos ‘Granada’, quando colhidos no ponto de maturação adequado e conservado a 0 ºC e 85-90% de UR, pode ser de até 30 dias (SOUZA, 2003). Pêssegos da cv. ‘Aurora-1’ quando armazenados a 2 ºC podem ser conservados por até 35 dias (CUNHA JUNIOR et al., 2010). O sistema de AR também é bastante utilizado para maçã, porém esse sistema permite curto período de

conservação devido ao rápido amadurecimento e à alta incidência de podridões e distúrbios fisiológicos (BRACKMANN et al., 2005; RUDELL et al., 2011; BULENS et al., 2012).

Temperaturas entre 2 ºC a 5 ºC devem ser evitadas, pois, nessa faixa, ocorre aumento de problemas fisiológicos, como o escurecimento interno e a farinosidade ou lanosidade (CANTILLANO, 2003). Outro fator importante durante o armazenamento de frutos é a umidade relativa, no caso do pêssego, deve estar entre 90% e 95%, pois, abaixo dessa faixa, aumenta a desidratação do fruto e se for muito alta pode incrementar as podridões (CANTILLANO, 2014).

Entretanto, em alguns casos, somente a baixa temperatura pode ser insuficiente na preservação da qualidade dos mesmos. Outras técnicas aliadas à refrigeração têm sido utilizadas com êxito, tais como a modificação ou o controle da atmosfera (KLUGE et al., 2002).

2.2.2. Atmosfera Controlada e Ultrabaixo oxigênio

Atmosfera Controlada (AC) consiste em um sistema de armazenamento no qual se modifica a concentração atmosférica, é utilizado como complemento para o sistema refrigerado convencional, com isso pretende-se prolongar a vida útil do fruto por períodos maiores que o obtido na refrigeração convencional (CANTILLANO, 2014). A redução dos níveis de O_2 e o aumento dos níveis de CO_2, técnica conhecida como AC, retarda o amadurecimento de frutos, altera o metabolismo de pigmentos, reduz a síntese e a ação do etileno sobre o metabolismo (BEAUDRY, 1999; BRACKMANN; CHITARRA, 1998).

Os efeitos que o O_2, o CO_2 e o etileno exercem sobre frutos e hortaliças frescas, apesar de bastante estudados, não são completamente entendidos. O oxigênio é um substrato e o dióxido de carbono é o produto da respiração e ambos modulam, direta ou indiretamente, as atividades do sistema respiratório e um grande número de sistemas enzimáticos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A ação do CO_2 ocorre no ciclo dos ácidos tricarboxílicos, inibindo diversas enzimas, reduzindo a atividade deste ciclo e, consequentemente, do metabolismo do fruto (CANTILLANO et al., 2014). Dessa forma, o produto que incorpora esta tecnologia, deve apresentar melhor aparência, sabor, textura e menor incidência de podridões (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A redução das pressões parciais de O_2 e o aumento das de CO_2 resulta em diversas modificações no metabolismo dos frutos, havendo diversas formas de ação.

A baixa pressão parcial de O_2 diminui a respiração dos frutos em função do O_2 ser substrato final na cadeia transportadora de elétrons (CHITARRA; CHITARRA, 2005; STEFFENS et al., 2007; TAIZ et al., 2017; WRIGHT et al., 2015). Além disso, as baixas pressões parciais de O_2 diminuem a produção de etileno pelos frutos, uma vez que, para a conversão do ACC (Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) em etileno pela enzima ACC oxidase é necessária à presença de oxigênio molecular (ASODA et al., 2009; YANG; HOFFMAN, 1984). Com a redução da produção de etileno ocorre um retardamento na senescência dos frutos, pois este hormônio vegetal é responsável por ativar a atividade das enzimas de parede celular (PAYASI et al., 2009; PRASSANA et al., 2007) e, consequentemente, a redução da firmeza de polpa e outros eventos relacionados ao amadurecimento.

O uso de alta pressão parcial de CO_2 empregada durante o armazenamento dos frutos em AC também atua na redução do metabolismo dos frutos (LIU et al., 2004; MATHOOKO, 1996; WILD et al., 1999). Como o CO_2 é um dos produtos da respiração, o aumento de sua concentração na atmosfera resulta em diminuição da atividade metabólica dos frutos. Estudos verificaram que com o uso de altas pressões parciais de CO_2 ocorre a inibição de várias enzimas da rota glicolítica e do ciclo dos ácidos tricarboxílicos, mais especificamente na fosfofrutoquinase, succinato desidrogenase e isocitrato desidrogenase (KE et al., 1995; LIU et al., 2004). Altas pressões parciais de CO_2 também têm efeito na biossíntese de etileno, reduzindo a atividade da enzima ACC sintase e competindo com o etileno pelos receptores do mesmo (MATHOOKO, 1996).

Em pêssegos e nectarinas, são recomendadas concentrações de 1,5% a3 % de O_2 e de 3% a 7% de CO_2 em temperaturas de 0 ºC a 1 ºC dependendo da variedade (CANTILLANO, 2014). Os pêssegos podem ser armazenados em atmosfera controlada com 1% a 2% O_2 e 3% a 5% CO_2 e temperatura de 1 °C à 0,5 °C por até seis semanas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em pêssegos ‘Chimarrita’ o uso de 5,0 kPa O_2 + 10,0 kPa CO_2 é o mais eficiente (BRACKMANN et al., 2003). Para pêssegos ‘Maciel’, a melhor condição para seu armazenamento é com temperatura de -0,5 °C, associada com o uso de atmosfera controlada com 1,0 kPa O_2 + 3,0 kPa CO_2 (SESTARI et al., 2008).

Ultrabaixo oxigênio é uma técnica auxiliar no armazenamento em AC que pode aumentar consideravelmente o período de armazenagem e a vida útil dos frutos (CORRENT et al., 2004; STEFFENS et al. 2005; BRACKMANN et al., 2007a). O

armazenamento em condições ultrabaixas de oxigênio (ULO, do inglês *Ultra Low Oxygen*) é uma técnica que emerge como alternativa para minimizar perdas durante o período de pós-colheita. Para a manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos em ULO, as concentrações de oxigênio devem ser mantidas logo acima do ponto de compensação anaeróbico, em que há o início da respiração anaeróbica. Isso possibilita a menor perda de ácidos ou açúcares no processo de respiração, porém sem ocorrer perdas por incidência de distúrbios fisiológicos (GRAN; BEAUDRY, 1993; YEARSLEY et al., 1996). Contudo, essa técnica deve ser muito bem estudada antes do seu uso em nível comercial, pois a tolerância ao ULO e ao alto CO_2 varia com a cultivar, a temperatura de armazenamento e a duração do armazenamento (GRAN; BEAUDRY, 1993; CERETTA, 2003).

2.2.3. Atmosfera Controlada Dinâmica – Fluorescência da Clorofila

Derivada da atmosfera controlada convencional, a atmosfera controlada dinâmica (ACD) é uma nova forma de controle e variação do O_2 na câmara de armazenamento ao longo de todo o período de armazenagem, de acordo com o metabolismo do fruto (WRIGHT et al., 2012). Esta forma de armazenamento tem como princípio a redução do nível de oxigênio na atmosfera de armazenamento para o mais próximo possível do limite mínimo de O_2 (LOL- *Lowest oxygen limit)* tolerado pelos frutos (ZANELLA et al., 2005). Como a tolerância dos frutos a níveis baixos de O_2 pode variar entre cultivares, de um ano para outro e de acordo com o tamanho dos frutos, foi disponibilizada no mercado uma tecnologia capaz de detectar níveis adequados de O_2 de acordo com o ambiente de armazenamento, sendo esta tecnologia denominada atmosfera controlada dinâmica (BURDON et al., 2008; PRANGE et al., 2007, 2003; ZANELLA et al., 2005).

Uma nova tendência na atmosfera controlada comercial é considerar a utilização de uma atmosfera dinâmica em vez de uma atmosfera estática controlada. Na atmosfera controlada dinâmica, o nível de oxigênio pode ser alterado durante o período de armazenamento, mas mantém-se sempre acima do limite inferior de oxigênio. Portanto, O_2 deve ser medido em tempo real nos locais de armazenagem (WEBER et al., 2015). É uma tecnologia capaz de identificar a sensibilidade do fruto aos baixos níveis de O_2. Níveis muito baixos de O_2 durante o armazenamento podem alterar o metabolismo normal do fruto, iniciando a respiração anaeróbica, levando a produção de etanol e como consequência, perda de qualidade. A resposta dos frutos

ao estresse por baixos níveis de O_2 e altos níveis de CO_2 pode ser detectada através da medida da produção de etanol (WRIGHT et al., 2010), respiração do fruto e fluorescência da clorofila (PRANGE et al., 2003; WATKINS, 2008; WRIGHT et al., 2010).

Uma metodologia passível de ser utilizada para determinar o limite mínimo de oxigênio durante todo o período de armazenamento é a baseada na fluorescência de clorofila (DeEll et al., 1999; PRANGE et al., 2007; WRIGHT et al., 2010; WRIGHT et al., 2012). Desenvolvido pelo Dr. Robert K. Prange, este método foi patenteado como HarvestWatch™ pela Satlantic Inc. do Canadá e comercializado pela empresa Isolcell Itália (PRANGE et al., 2007).

O monitoramento da fluorescência de clorofilas é realizado durante todo o período de armazenamento através da alocação, de uma amostra representativa de 6 frutos, em uma caixa de plástico que está equipada com um sensor de fluorescência FIRM (*Fluorescence Interactive Response Monitor*). Essa caixa é alocada no interior da câmara comercial, para ficar com a atmosfera da câmara (geralmente são alocados 6 desses sensores em cada câmara comercial). Para análise da fluorescência, essa amostra deve ser mantida no escuro. Juntamente com o FIRM estão localizadas quatro lâmpadas LED (*Light Emitting Diode*), que servem como fonte de luz para medir o nível de estresse dos frutos (LMO). O sinal captado pelo sensor é transferido para um software específico que registra a intensidade da fluorescência enquanto a pressão parcial de O_2 é reduzida durante o início do armazenamento até o momento em que é detectado um pico na emissão de fluorescência. A partir desse momento, o O_2 é incrementado em 0,2%, porém nunca a pressão parcial da câmara deverá ser menor que 0,4%, e este nível é mantido assim até o final do armazenamento ou até que um novo pico de fluorescência seja detectado, quando o nível de O_2 deve ser novamente incrementado (PRANGE et al., 2007; TRAN et al., 2015).

A fluorescência das clorofilas ocorre em maior intensidade em situações de estresse, que impossibilitam a transferência da energia luminosa captada pela clorofila para os centros de reação (TAIZ et al., 2017). Esses estresses podem ser de várias naturezas, como secas, danos por herbicidas, excesso de luz, temperatura (TAIZ et al., 2017), além de estresse por baixo oxigênio (DeELL et al., 1999; PRANGE et al., 2007).

Não se tem clareza do mecanismo fisiológico que faz a clorofila emitir fluorescência quando está sob pressão parcial de O_2 insuficiente para respiração

aeróbica, entretanto, existem algumas hipóteses. As principais hipóteses são: com a redução das pressões parciais de O_2 a níveis extremamente baixos ocorre a produção de acetaldeído, etanol e acetato de etila, que podem causar danos na membrana celular e suas organelas, como os cloroplastos, comprometendo os fotossistemas (FS), dificultando a transferência da energia luminosa e acarretando no aumento da fluorescência (MAXWELL; JOHNSON, 2000); níveis extremamente baixos de O_2 provocam a acidose celular e suas organelas, o que também pode danificar os FS aumentando a fluorescência de clorofilas (PRANGE et al., 2005). A adoção de pressões parciais de O_2 extremamente baixas resultam em um acúmulo de compostos reduzidos no citosol e na mitocôndria com a possibilidade de serem transportados para o cloroplasto e utilizados para redução do pool de plastoquinona (PQ). Isto pode frear o transporte da energia luminosa (elétrons) e, consequentemente, aumentar a fluorescência de clorofilas (WRIGHT et al., 2015). Gerando um sinal do LMO tolerado pelos frutos. O processo de dissipação da energia lumínica na forma não fotoquímica (fluorescência) tem ligação com o ciclo das xantofilas, mais especificamente a zeaxantina (WRIGHT et al., 2011), onde, para ocorrer a transformação de zeaxantina para anteraxantina, é necessário O_2 (pela enzima zeaxantina epoxidase). Dessa forma, a redução da concentração de O_2 pode resultar no acúmulo de zeaxantina, aumentando a fluorescência de clorofilas.

3. Experimento 1: Armazenamento refrigerado de pêssego ‘Jubileu’ sob diferentes condições atmosféricas

3.1. Material e Métodos

O estudo foi conduzido no laboratório e nas câmaras frias do setor de fisiologia de pós-colheita do Núcleo de Alimentos da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil. Os frutos de pêssego da cultivar Jubileu foram colhidas no ponto ideal de colheita “de vez”, oriundas de um pomar comercial do município de Morro Redondo (31º32’40,9’’S e 52º34’42,42’’O), região Sul do Rio Grande do Sul, da safra 2016-2017.

Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de armazenamentos diferenciados pelas condições atmosféricas, ou seja, concentrações de oxigênio (O_2) e gás carbônico (CO_2) em diferentes períodos de armazenamento. O Sistema de

Armazenamento Refrigerado (SAR) teve as concentrações 20-21% O_2 + 0,03-1% CO_2, o Sistema de Atmosfera Controlado (SAC) as concentrações foram de 2% O_2 + 10-11% CO_2 e no Sistema de Armazenamento Ultrabaixo Oxigênio (SAUO) as concentrações foram de 0,5-0,6% O_2 + 4-5% CO_2. A temperatura e a umidade relativa mantiveram-se homogêneas em todas as condições, sendo de 1ºC e 90-95%, respectivamente. Para SAC e SAUO foram utilizadas microcâmaras especiais para estanqueidade dos gases.

Os períodos de armazenamento distinguiram-se em: P0 – 0 dia (caracterização); P1 – 10 dias; P2 – 20 dias; P3 – 30 dias; P4 – 40 dias e P5 – 50 dias. Após a retirada dos frutos das câmaras frias, houve o acondicionamento a uma temperatura de 20ºC por 24h, para a simulação de vida útil. Posteriormente foram realizadas as seguintes avaliações:

Sólidos Solúveis Totais (SST): Obtidos através de refratômetro digital marca ATAGO, modelo PAL-1, sendo expresso em ºBrix (LUTZ, 2008).

Potencial Hidrogeniônico (pH): Determinado por método eletrométrico, com o auxílio de um potenciômetro (pHmetro) digital de bancada marca Metrohm modelo 780/781, diretamente no suco de pêssego, obtido com centrifuga (LUTZ, 2008).

Acidez Titulável (AT): Para esta análise foram utilizados 10mL de suco da polpa, adicionados à 90 mL de água destilada. A titulação da amostra foi realizada com o auxílio de uma bureta digital Brand® contendo solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N até atingir o ponto de viragem no pH 8,1. A acidez titulável foi expressa em gramas (g) de ácido cítrico por $100g^{-1}$ de polpa (LUTZ, 2008).

Relação Sólidos Solúveis Totais por Acidez Titulável (SST/AT): Avaliada dividindo o teor de sólidos solúveis totais pela acidez titulável.

Firmeza de Polpa (FP): A firmeza de polpa dos frutos foi mensurada nas regiões equatoriais, utilizando texturômetro eletrônico TA-XT plus 40855, com ponteira de 2 mm de diâmetro, sendo os valores expressos em Newton (N).

Perda de Massa (PM): Foi determinada através dos pesos dos frutos na montagem do experimento (Pi) e posteriormente no dia de avaliação (Pf), sendo calculado pela fórmula PM = [(peso inicial – peso final)/ (peso inicial *100)] e os resultados expressos em porcentagem.

Coloração da Epiderme (°HueE) e da Polpa (°HueP): Foram realizadas medições com auxílio do colorímetro da marca Minolta, modelo CR-400, nas porções equatoriais dos frutos (epiderme), e para a polpa foram retirados pedaços da

epiderme. Para mensuração do ângulo hue, foi utilizada a fórmula °Hue = arcotan (b*/a*), o resultado desta equação expresso em radianos foi convertido em graus.

Açúcares Redutores (AR) e Não Redutores (ANR): Determinados através de espectrofotometria segundo metodologia adaptada de Maldonade et al. (2013). Foram pesados em becker, 3 g de amostra, foi adicionada água destilada no volume de 150mL, homogeneizada em mixer por 3 minutos. A amostra foi filtrada com auxílio de algodão. Retirou-se 0,5 mL do sobrenadante para fazer o teste de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Para quantificação dos açúcares não-redutores foi necessário fazer uma hidrólise da amostra. Neste caso, retirou-se 2 mL do sobrenadante e adicionando 2 mL de HCl 2 $mol.L^{-1}$ a mistura foi aquecida em banho-maria em ebulição por 10 minutos. Resfriou-se a amostra em banho de gelo e acrescentou-se 2 mL de NaOH 2 $mol.L^{-1}$ agitando-a. Retirou-se 0,5 mL do sobrenadante para se fazer o teste de DNS. No teste de DNS: Pipetou-se 0,5 mL da amostra em um tubo de ensaio adicionado de 0,5 mL do reagente DNS. Posteriormente, foi aquecido em banho-maria a 100°C durante 5 minutos. Resfriou-se o tubo em banho de gelo por 5 minutos. Adicionou-se 8 mL da solução de tartarato duplo de sódio e potássio. A leitura da absorbância foi realizada em comprimento de onda de 540 nm. Os resultados foram expressos em % de glicose.

Compostos Fenólicos Totais (CFT): A quantificação de fenóis foi determinada por meio do método adaptado de Swain; Hillis (1959). Foram pesados 2,5 g de amostra e posteriormente homogeneizados com 10 mL de metanol (solvente) em Ultra-Turrax até obter consistência uniforme. As amostras foram centrifugadas a 4000 RPM por 20 minutos a 0°C. Do sobrenadante foram pipetados 90 µL em um tubo, adicionados 160µL de metanol, 4 mL de água destilada e 250 µL de Folin-Ciocalteau (0,25 N). Após agitação, a amostra permaneceu em repouso por três minutos para a reação. A seguir, adicionados 0,5 mL de 1 N Na_2CO_3, os tubos foram agitados e deixados em repouso por duas horas. A absorbância foi medida em cubeta de quartzo a 725 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalente ácido gálico (EAG).100^{-1} g de amostra.

Atividade Antioxidante (AA): Determinada por DPPH através de espectrofotometria segundo metodologia adaptada de Brand-Williams et al. (1995). Este método é baseado na captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1- picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorbância a 515 nm. A extração foi igual àquela utilizada para os compostos fenólicos totais de onde foram utilizados

60 µL do sobrenadante e 1900 µL de DPPH diluído. Após 2 horas e 30 minutos foi realizada a leitura em espectrofotômetro Molecular Devices - spectramax 190, comprimento de onda de 515 nm. Os resultados foram expressos em mg Trolox.100 g^{-1} de amostra.

Carotenoides Totais (CT): A quantificação de carotenoides foi feita por meio do método adaptado de Talcott; Howard (1999). Protegido da luz direta foram pesados 2,5 g de amostra e homogeneizados em Ultra-Turrax com solução etanol/acetona/BHT até consistência uniforme. A amostra foi centrifugada durante 20 minutos em 4000 RPM e em 0 °C. Depois o sobrenadante foi despejado em potes plásticos. Esses processos foram repetidos, se necessário, até total descoloração das amostras. Foram adicionados 50 mL de hexano deixando em repouso por 30 minutos, após adicionados 25 mL de água destilada. Repouso por mais 30 minutos e leitura em cubeta de quartzo em absorbância de 470 nm. Resultado expresso em mgβ-caroteno $100g^{-1}$ amostra.

Incidência de Podridões (IP): Foi avaliada pela contagem dos frutos que apresentaram lesões com diâmetro superior a 0,5 cm, características de ataque por fungos e bactérias sendo os resultados expressos em porcentagem.

O delineamento experimental desse estudo foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3 x 6 (3 sistemas de armazenamento x 6 períodos de armazenamento). A unidade experimental foi composta por 4 repetições de 10 frutos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente à comparação de médias pelo teste de Tukey ($p< 0,05$) e análise de regressão.

3.2. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 observa-se a análise de variância, das 13 variáveis estudadas, constando-se efeito significativo entre a interação sistema de armazenamento (SA) x períodos de armazenamento (PA) para as variáveis: sólidos solúveis totais, pH, relação SST/AT, firmeza de polpa, perda de massa, coloração de polpa, açúcares redutores, açúcares não redutores, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e carotenoides. Porém, as variáveis, acidez titulável e coloração da epiderme foram significativas para os fatores individualmente. O coeficiente de variação dos dados estudados apresentou-se entre 1,31% na variável pH à 22,4% na variável atividade antioxidante.

Tabela 1. Análise de variância para os parâmetros físico-químicos (SST, pH, AT, SST/AT, FP, PM, °HueE e °HueP) e fitoquímicos (AR, AÑR, CFT, AA e CT) de pêssego 'Jubileu' em diferentes sistemas e períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas - RS, 2020.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		SST	pH	AT	SST/AT	FP	PM	°HueE
Sistema Armaz. (SA)	2	10,7*	0,03*	0,01*	17,82*	15,54*	563,21*	22,67*
Períodos Armaz. (PA)	5	1,04*	0,45*	0,39*	233,3*	2,47*	130,24*	26,04*
SA x PA	10	1,8*	0,04*	0,005^{ns}	17,13*	1,18*	61,56*	5,12 ^{ns}
Resíduo	54	0,27	0,002	0,003	2,63	0,01	0,51	3,08
Total	71							
CV (%)		3,77	1,31	7,45	8,52	13,78	13,03	2,08
Média		13,72	3,81	0,76	19,03	2,36	5,52	84,53

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		°HueP	AR	ANR	CFT	AA	CT
Sistema Armaz. (SA)	2	8,94*	1,38*	2,22*	702,66*	3794,08*	29,87*
Períodos Armaz. (PA)	5	1,48 ^{ns}	3,58*	0,94*	362,52*	4092,9*	4,41^{ns}
SA x PA	10	4,34*	0,37*	0,27*	547,32*	3554,9*	12,12*
Resíduo	54	1,51	0,03	0,08	80,55	690,24	4,08
Total	71						
CV (%)		1,56	5,84	5,67	12,16	22,4	17,48
Média		79,05	3,15	5,39	73,82	117,3	11,55

Variáveis: SST = Sólidos Solúveis Totais; pH: Potencial Hidrogeniônico; AT = Acidez Titulável; SST/AT = Relação Sólidos Solúveis Totais / Acidez Titulável; FP = Firmeza de Polpa; PM = Perda de Massa; °HueE = Coloração da Epiderme; °HueP = Coloração da Polpa; AR = Açúcares Redutores; ANR = Açúcares Não Redutores, CFT = Compostos Fenólicos Totais; AA = Atividade Antioxidante e CT = Carotenoides Totais. GL = Grau de Liberdade; CV = Coeficiente de Variação; ns = não significativo e * = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Ao analisar o gráfico de regressão (Figura 1) foi possível observar que os sistemas de armazenamento controlado e ultrabaixo apresentaram um comportamento semelhante ao longo dos dias de armazenamento com um ajuste quadrático, onde os menores valores de SST foram 12,92 °Brix e 12,72 °Brix aos 50

dias, respectivamente, diferindo do sistema refrigerado, o qual apresentou um aumento linear no teor de sólidos solúveis ao longo dos dias, com menor teor de 13,15 °Brix no dia 0 e o maior teor de 16,07 °Brix aos 50 dias, com um coeficiente de determinação de 0,81.

Na Tabela 2, estão demonstrados os valores médios dos SST, sendo possível diferenciar o sistema refrigerado dos outros dois, pela maior concentração de SST nos frutos. Os sistemas controlado e ultrabaixo mantiveram-se iguais estatisticamente.

Em frutos de comportamento climatérico, como os pêssegos, a quantidade de sólidos solúveis totais tende a aumentar durante o período de armazenamento, pelo fato destes frutos continuarem o processo de respiração e converterem o amido acumulado no fruto em açúcares, o que provoca a desidratação do fruto e concentração dos açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Segundo Costa e Balbino (2002) existe a possibilidade de aumento dos valores de SST pela perda da umidade. Dados desse estudo estão de acordo com Brackmann et al. (2003), os quais encontraram maiores teores de STT em pêssegos ‘Chimarrita’ em armazenamento refrigerado, quando comparados aos armazenados em atmosfera controlada.

O conteúdo de sólidos solúveis totais tende a aumentar com o amadurecimento do pêssego, sendo variável, em função do genótipo e das condições ambientais. Conforme avaliações de Nava (2001), Brackmann et al. (2007) e Brackmann et al. (2009b), ocorrem variações para os parâmetros de açúcares dos frutos em função das diferentes cultivares estudadas ‘Chiripá’, ‘Eldorado’ e ‘Eragil’, porém relatam pouca ou nenhuma influência da atmosfera controlada nos teores de sólidos solúveis.

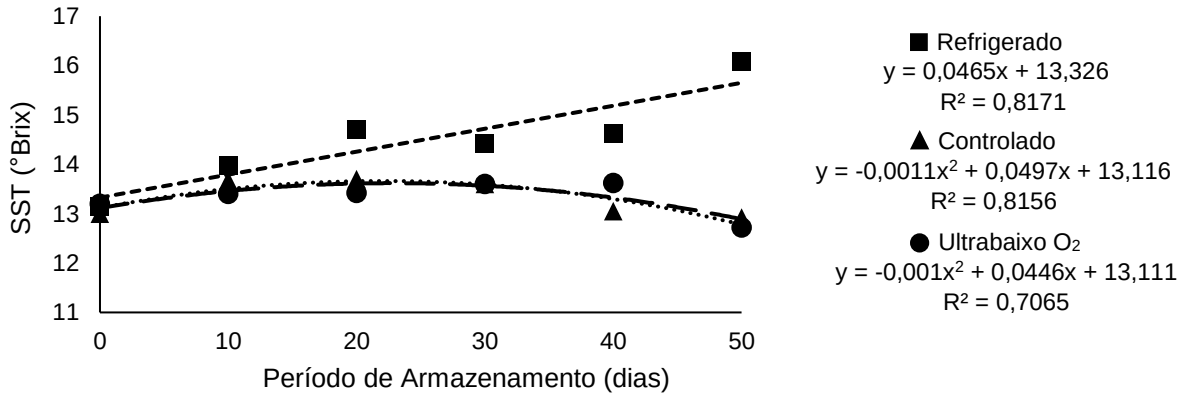

Figura 1. Regressão para os sólidos solúveis totais (°Brix) de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 2. Valores dos sólidos solúveis totais em pêssego ‘Jubileu’ armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Sólidos Solúveis Totais (SST) - °Brix						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	13,15 a	13,97 a	14,70 a	14,42 a	14,62 a	16,07 a	14,49 a
Controlado (SAC)	13,00 a	13,67 a	13,70 b	13,6 a	13,05 b	12,92 b	13,32 b
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	13,20 a	13,4 a	13,42 b	13,6 a	13,62 b	12,72 b	13,33 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Na comparação dos sistemas de armazenamento, o sistema refrigerado diferiu estatisticamente do demais, com a maior média, pH 3,85 e os sistemas controlado e ultrabaixo apresentaram igualdade estatística (Tabela 3). Nos três sistemas de armazenamento, o comportamento do pH foi semelhante, apresentando um aumento de forma linear, os menores valores foram no período 0 dia, sendo, 3,57, 3,56 e 3,56 e os maiores aos 50 dias, sendo, 4,37, 3,95 e 3,99, para SAR, SAC e SAUO, respectivamente (Figura 2). Durante o processo de senescência dos frutos armazenadas há um consumo dos ácidos, no processo de respiração, alterando os valores de pH (SILVA, 2013).

Tabela 3. Valores do potencial hidrogeniônico em pêssego ‘Jubileu’ armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Potencial hidrogeniônico (pH)						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	3,57 a	3,64 a	3,71 a	3,85 a	4,0 a	4,37 a	3,85 a
Controlado (SAC)	3,56 a	3,7 a	3,76 a	3,84 a	3,88 b	3,95 b	3,78 b
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	3,56 a	3,71 a	3,69 a	3,87 a	3,92 ab	3,99 b	3,79 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

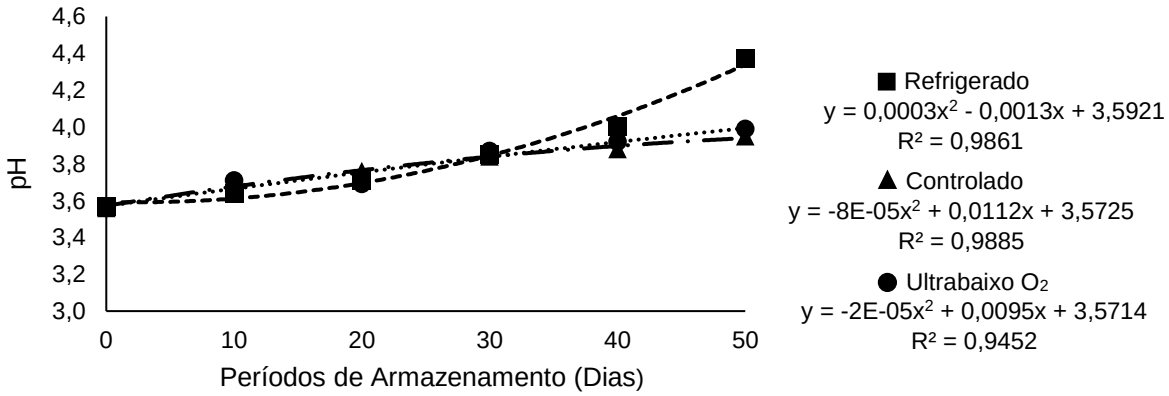

Figura 2. Regressão para o potencial hidrogeniônico (pH) de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A variável, acidez titulável, demonstrou-se inversa aos sólidos solúveis totais e ao pH, com uma redução de valores ao longo dos períodos de armazenamento, sendo o maior valor médio de 1,07% de ácido cítrico no dia 0 e o menor valor médio 0,55% de ácido cítrico aos 50 dias. Corroborando assim, com a regressão linear descendente (Figura 3). O sistema refrigerado apresentou a maior média de 0,78% de ácido cítrico, o qual se diferenciou, do sistema ultrabaixo com a menor média de 0,73% de ácido cítrico, enquanto o controlado manteve-se semelhante a ambos (Tabela 4).

Com o amadurecimento dos frutos, ocorre um aumento no teor de açúcar e pH e uma diminuição da acidez destes (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Maiores teores de acidez titulável foram encontrados por Sestari et al. (2008) em distintas atmosferas controladas 2% O_2 + 4% CO_2; 1% O_2 + 3% CO2 e 2% O_2 + 6% CO_2 com pêssegos 'Maciel' e por Brackmann et al. (2009) com pêssegos 'Eragil'. Porém Rombaldi et al. (2002) revelaram que pêssegos 'Chiripá' em atmosfera controlada com 1,5% O_2 + 5,0% CO_2 apresentaram menor acidez titulável quando comparados aos frutos controle.

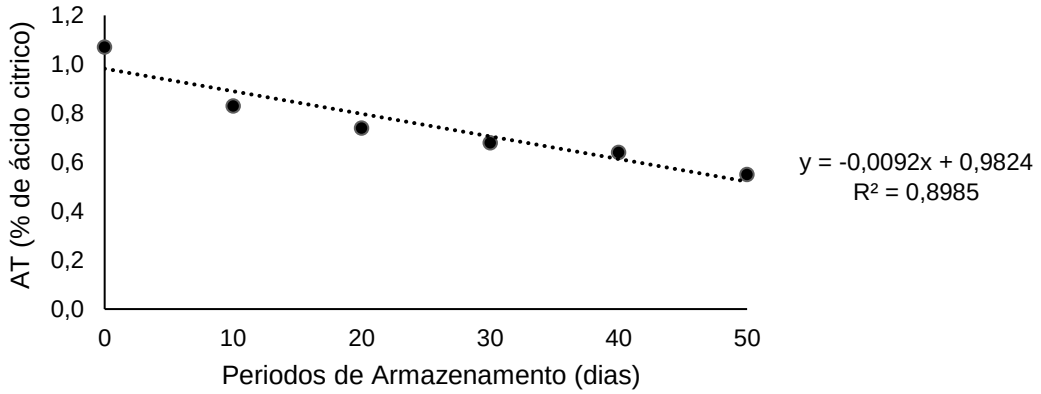

Figura 3. Acidez titulável de pêssegos 'Jubileu' em diferentes períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 4. Valores de acidez titulável em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Acidez Titulável (AT) - % ácido cítrico						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	1,09	0,9	0,73	0,69	0,7	0,54	0,78 a
Controlado (SAC)	1,07	0,79	0,72	0,69	0,67	0,60	0,76 ab
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	1,06	0,82	0,75	0,67	0,57	0,53	0,73 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A relação SST/AT é usualmente utilizada para avaliar o grau de maturação dos frutos, sendo este representado principalmente, pelo balanço doçura/acidez aceitável (DE ANDRADE et al., 2017). Na Figura 4, essa relação apresentou um aumento linear, ao longo do período de armazenamento, em todos os sistemas, sendo que o ponto mínimo foi 12,03 no dia 0 e o máximo foi 29,93 aos 50 dias. Nas médias gerais observou-se que o sistema refrigerado diferiu do controlado, enquanto ultrabaixo manteve-se intermediário aos dois (Tabela 5). Souza et al. (2009) tiveram um aumento da relação SST/AT em pêssegos 'Douradão' sob armazenamento refrigerado.

Essa relação é importante, pois é um dos principais indicadores de frutos de alta qualidade, principalmente quando SST/AT é igual ou superior a 15,1 (SAINZ; FERRI, 2015). Vários estudos têm mostrado que os frutos de variedades de pêssegos nacionais apresentam bom grau de qualidade com relação ao sabor, textura e relação doçura/acidez (SAINZ; VENDRUSCOLO, 2015; TORALLES et al., 2014; SILVA et al. 2013).

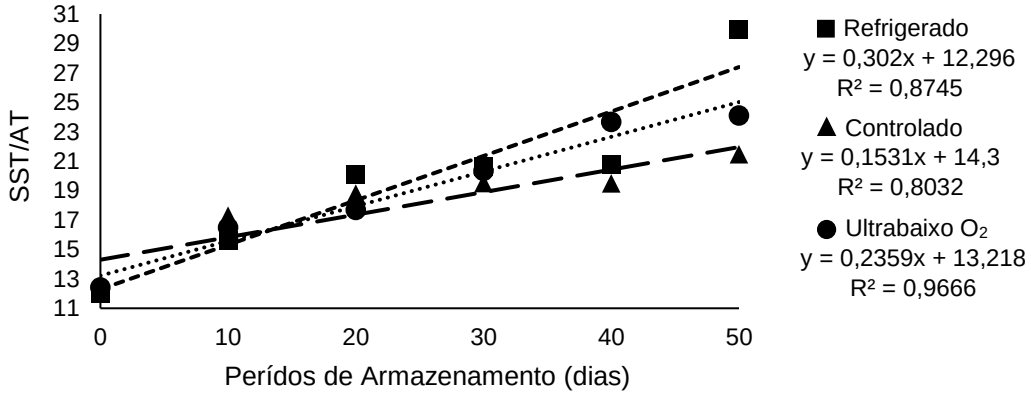

Figura 4. Regressão para a relação SST/AT de pêssegos 'Jubileu' em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 5. Valores da relação SST/AT em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Relação Sólidos Solúveis Totais / Acidez Titulável (SST/AT)						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	12,03 a	15,59 a	20,08 a	20,64 a	20,8 b	29,93 a	19,85 a
Controlado (SAC)	12,21 a	17,3 a	18,79 a	19,51 a	19,49 b	21,47 b	18,12 b
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	12,43 a	16,48 a	17,68 a	20,34 a	23,67 a	24,1 b	19,12 ab

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A firmeza de polpa nesse estudo foi mais influenciada pelos sistemas de armazenamento, principalmente no refrigerado, onde após 10 dias de armazenamento diferenciou-se dos demais sistemas em todos os períodos, apresentando o valor mais elevado de 4,83 N aos 50 dias. Em contrapartida pode-se considerar que os sistemas controlado e ultrabaixo foram efetivos para a manutenção da firmeza ao longo dos 50 dias de armazenamento, pois, não apresentaram variação significativa entre os períodos, o que pode ser observado na regressão linear (Tabela 6 e Figura 5).

De maneira geral, espera-se que ocorra uma redução da firmeza de polpa quando os frutos são armazenadas por longos períodos, o que não ocorreu nesse estudo, contudo atribui-se essa maior resistência da polpa dos frutos devido à perda de umidade e de massa dos frutos oriundas do ambiente refrigerado. Os frutos com maior perda de massa apresentam maior resistência à penetração da ponteira do texturômetro na polpa o que se reflete em maiores valores de textura, assim reflete que perdeu muita massa. Pinto et al. (2012) observaram em um estudo de indução de perda de massa em pêssegos 'Eragil' que a partir de 7% de PM, houve um aumento da firmeza dos frutos. Girardi et al. (2005) observaram uma maior conservação da firmeza em pêssegos 'Chiripá' com a utilização de atmosfera controlada de 1,5% de O_2 e 5% de CO_2 a 3 ºC e 0 ºC durante 35 dias e 40 dias, respectivamente. Sestari et al. (2008) também observaram maior firmeza em pêssegos 'Maciel', utilizando atmosfera controlada de 2 % de CO_2 + 4% de CO_2 a 0,5 ºC por 60 dias mais dois de comercialização.

Tabela 6. Valores de firmeza de polpa em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Firmeza de Polpa (FP) - N						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	1,68 a	2,82 a	3,28 a	3,13 a	4,03 a	4,83 a	3,295 a
Controlado (SAC)	1,67 a	1,80 b	1,86 b	2,20 b	2,01 b	2,19 b	1,96 b
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	1,68 a	1,73 b	1,9 b	1,85 b	1,89 b	2,03 b	1,85 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

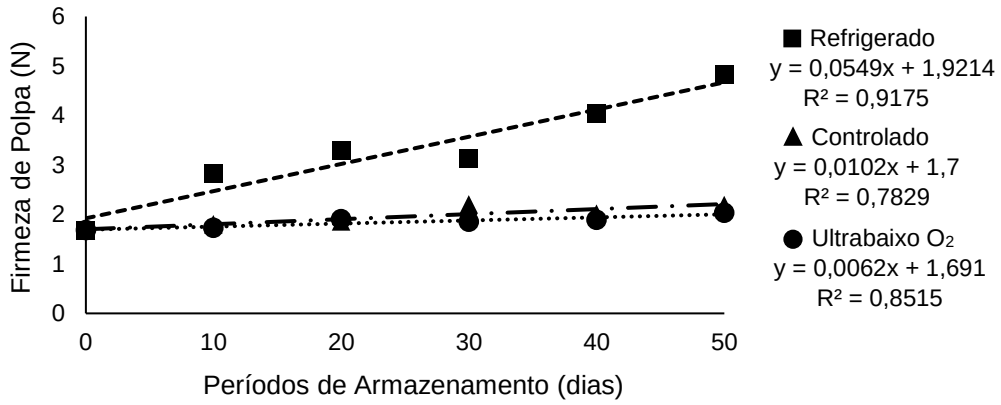

Figura 5. Regressão para a firmeza de polpa de pêssegos 'Jubileu' em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Pelotas-RS, 2020.

Corroborando com a variável firmeza de polpa, o percentual de perda de massa foi significativamente afetado pelo sistema de armazenamento refrigerado, o qual, do segundo até o último período de armazenamento diferenciou-se do controlado e ultrabaixo, sempre apresentando o maior percentual, obtendo a média mais elevada aos 50 dias de 22,13% de perda, enquanto nesse mesmo período, o controlado e o ultrabaixo apresentaram 3,3% e 3,77%, respectivamente (Tabela 7).

A Figura 6 demonstra a regressão para a perda de massa, onde o sistema refrigerado apresentou regressão linear, com o aumento da PM nos períodos de armazenamento. Entretanto os sistemas controlado e ultrabaixo ajustaram-se de forma quadrática, com percentuais de perda de massa baixos, os quais mantiveram-se sem muita alteração no decorrer dos períodos de armazenamento, tornando esses sistemas mais efetivos para o armazenamento dos frutos do que o refrigerado.

A perda de massa no sistema refrigerado foi considerada muito alta. Kluge e Jacomino (2002) relataram que perda de massa fresca superior a 5% faz com que os pêssegos apresentem sinais de murcha e perda da consistência, o que compromete sua qualidade e comercialização. Nava e Brackmann (2002) relataram que o uso de atmosfera controlada, diminui a perda de massa e mantém a boa qualidade de pêssegos 'Chiripá' por quatro semanas.

Tabela 7. Valores de perda de massa em pêssego ‘Jubileu’ armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Perda de Massa (PM) - %						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	0,0 a	6,74 a	8,41 a	13,94 a	15,43 a	22,13 a	11,1 a
Controlado (SAC)	0,0 a	3,51 b	2,74 b	2,99 b	2,68 b	3,30 b	2,54 b
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	0,0 a	3,45 b	3,15 b	3,81 b	3,27 b	3,77 b	2,91 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

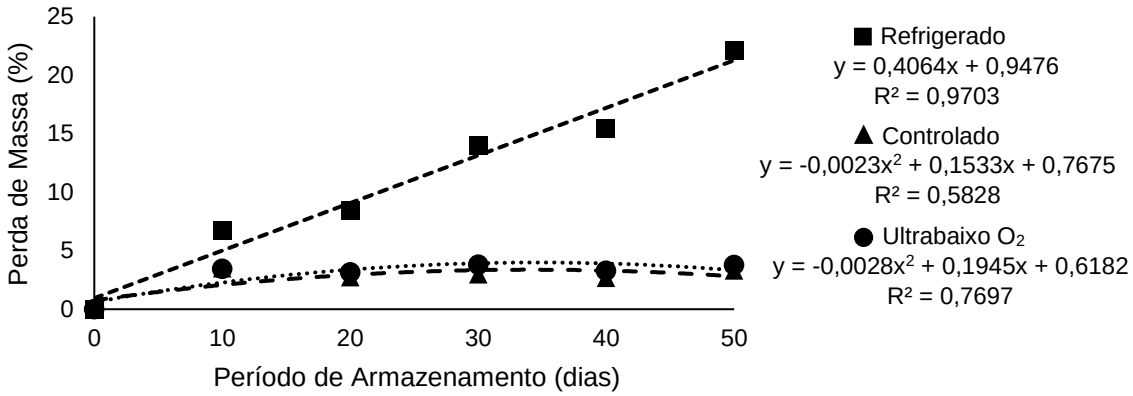

Figura 6. Regressão para a perda de massa de pêssegos ‘Jubileu’ em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A mudança de coloração é um dos atributos mais utilizados para avaliar o estágio de maturação, pois neste período ocorre um decréscimo no teor de clorofilas e um incremento na concentração de carotenoides (FERRER et al., 2005). Para a coloração da epiderme no sistema refrigerado, as médias de ângulo hue foram de 83,44º, diferindo estatisticamente dos sistemas controlado e ultrabaixo, com médias iguais a ângulo hue de 85,88º e 84,81º, respectivamente. Em relação aos períodos de armazenamento houve uma redução da coloração da epiderme ao longo dos dias, onde o ponto máximo foi 87,5° Hue no dia 0 e o mínimo 82,15° Hue aos 50 dias (Tabela 8 e Figura 7).

Este fato é uma decorrência do amadurecimento, no qual os frutos perdem a coloração verde da casca. Toralles et al. (2008) caracterizando cultivares para a região de Pelotas determinaram valores de ângulo hue de 83,44° para ‘Jubileu’ concordando com os valores apresentados neste trabalho. Segundo Brackmann et al., (2013) ângulo hue de 90 significa cor amarela, e à medida que este valor se afasta em direção a zero, mais vermelha a cor de fundo, ou seja, mais maduro está o

pêssego. Com isso, pode-se inferir que os sistemas controlado e ultrabaixo alteraram menos a coloração da epiderme.

Tabela 8. Valores da coloração da epiderme em pêssego ‘Jubileu’ armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Coloração Epiderme (°HueE)						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	87,50	83,94	81,38	83,10	82,60	82,15	83,44 b
Controlado (SAC)	87,50	83,83	84,55	85,47	84,71	85,88	85,32 a
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	87,56	84,22	86,05	83,27	83,67	84,08	84,81 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

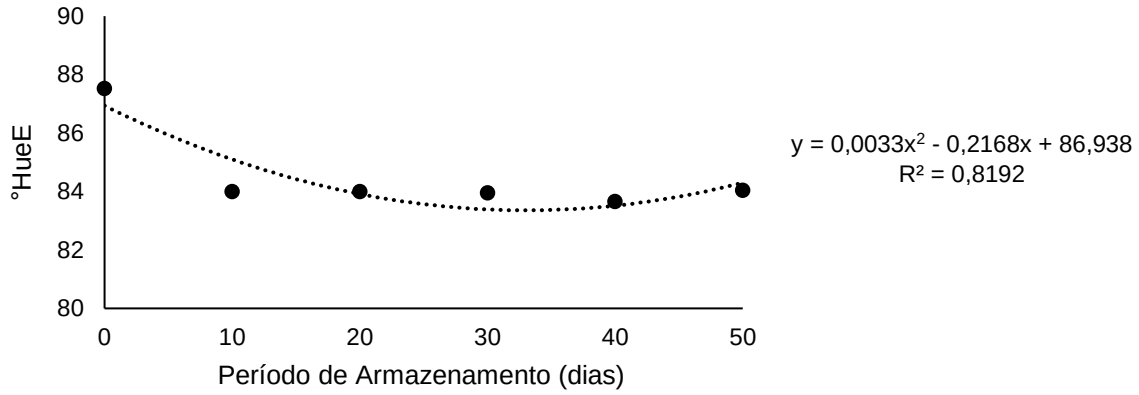

Figura 7. Coloração da epiderme de pêssegos ‘Jubileu’ em diferentes períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Na coloração da polpa (°HueP) foi possível observar uma diferença significativa aos 20 dias onde o sistema ultrabaixo apresentou um valor mais elevado, em relação ao controlado e refrigerado. Quando comparada as médias gerais, o sistema refrigerado diferiu estatisticamente dos outros dois, com o menor valor. Em relação aos períodos de armazenamento observou-se uma variação ao longo dos dias apenas no sistema refrigerado. De maneira geral, na análise dessa variável pode-se verificar que não houve variação na coloração da polpa dos frutos no sistema controlado e ultrabaixo. Outra evidência desse fato é que nesse experimento com pêssego ‘Jubileu’, não foi verificado escurecimento interno em nenhum dos sistemas de armazenamento (Tabela 9).

Tabela 9. Valores da coloração da polpa em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Coloração da Polpa (°HueP)						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	79,48 aA	78,65 aAB	76,55 bB	78,26 aAB	77,95 aAB	79,28 aA	78,36 b
Controlado (SAC)	79,49 aA	78,48 aA	78,59 bA	80,1 aA	78,81 aA	80,27 aA	79,29 a
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	79,48 aA	79,34 aA	81,25 aA	78,75 aA	79,34 aA	78,92 aA	79,51 a
Médias	79,48 A	78,82 A	78,80 A	79,04 A	78,70 A	79,49 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

As mudanças no conteúdo de açúcares totais em frutos climatéricos, como o pêssego, podem ser consideráveis, aumentando não apenas durante o período de sua maturação na planta, como também durante o período entre a colheita e o ponto de amadurecimento para ser comestível. Há predominância de sacarose sobre os açúcares redutores (glicose + frutose), com aumento mais rápido na concentração deste açúcar, nas últimas semanas de maturação (CHITARRA; CARVALHO, 1985). Cultivares que apresentam maior teor de açúcares não redutores podem ser consideradas mais doces (ESTI et al.,1997; LEONEL et al., 2011). Nesse estudo foi observado o fato reportado acima, os teores de açúcares redutores foram menores que os teores de açúcares não redutores (Tabela 10 e 11).

Na análise dos açúcares redutores foi possível observar, que os maiores percentuais, foram verificados no sistema refrigerado, diferindo do controlado e do ultrabaixo com médias de 3,41%, 2,96% e 3,06% de glicose, respectivamente. Porém nos períodos de armazenamento foi possível observar um aumento linear em todos os sistemas, com o percentual máximo de 4,3% de glicose aos 50 dias no sistema refrigerado (Tabela 10 e Figura 8).

Tabela 10. Valores dos açucares redutores em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Açúcares Redutores (AR) - % de Glicose						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	2,61 a	2,51 a	2,94 a	3,87 a	4,28 a	4,30 a	3,41 a
Controlado (SAC)	2,58 a	2,71 a	2,68 a	3,24 b	2,88 c	3,66 b	2,96 b
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	2,49 a	2,52 a	2,99 a	3,34 b	3,42 b	3,58 b	3,06 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

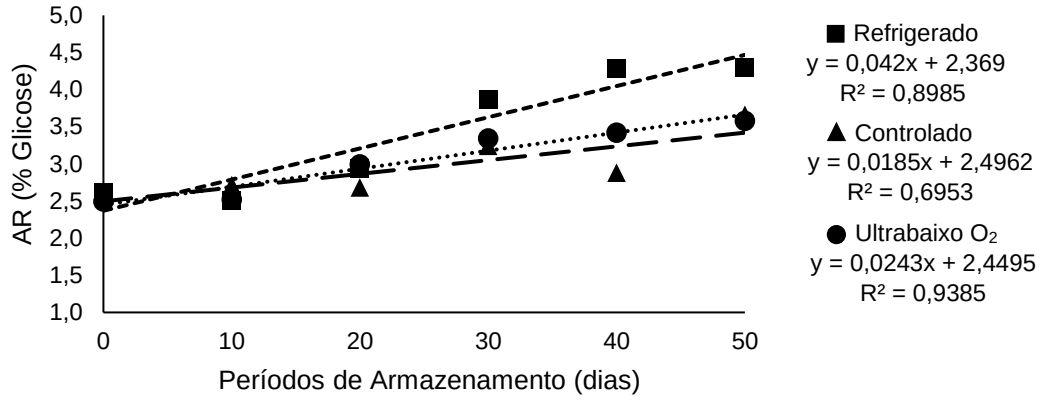

Figura 8. Regressão para a açúcares redutores de pêssegos 'Jubileu' em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Os açúcares não redutores também apresentaram percentuais mais elevados no sistema de armazenamento refrigerado, enquanto, controlado e ultrabaixo mantiveram-se iguais estatisticamente, com as seguintes médias 5,39%, 4,89% e 4,84% de sacarose, respectivamente (Tabela 11). Na Figura 9, observa-se a regressão nos períodos de armazenamento para os sistemas controlado, refrigerado e ultrabaixo, o comportamento da regressão apresentou um ajuste quadrático, onde o valor máximo de açúcar não redutor de 6,03% de sacarose aos 40 dias no refrigerado e o mínimo foi 4,36% de sacarose aos 50 dias no ultrabaixo.

Martins et al. (2013) observaram um aumento progressivo nos teores de açúcares em pêssegos da cultivar Aurora-1, no armazenamento refrigerado. Este aumento nos teores de açúcares tem sido atribuído à transformação das reservas acumuladas, principalmente de amido, durante o desenvolvimento dos mesmos ou pelo aumento no metabolismo desencadeado por injúrias (MATTIUZ et al., 2003). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os teores de açúcares em frutos climatéricos, usualmente aumentam na ordem de 10% com o amadurecimento através de processos de biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos.

Tabela 11. Valores dos açúcares não redutores em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Açúcares Não Redutores (ANR) - % de Sacarose						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	4,72 a	5,31 a	5,19 a	5,54 a	6,03 a	5,53 a	5,39 a
Controlado (SAC)	4,45 a	4,69 b	5,03 a	5,23 a	5,00 b	4,93 b	4,89 b
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	4,61 a	4,85 ab	5,00 a	5,33 a	4,87 b	4,36 c	4,84 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

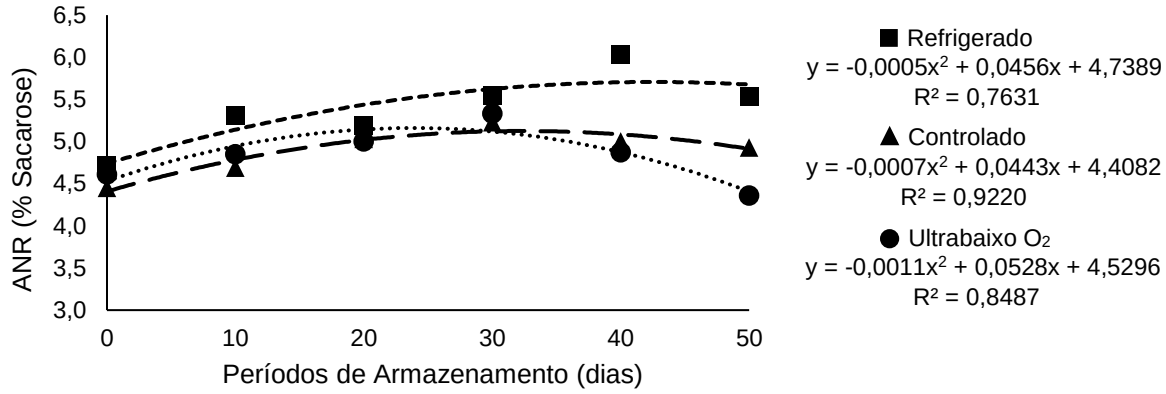

Figura 9. Regressão para açúcares redutores de pêssegos 'Jubileu' em função de diferentes sistemas de armazenamento (Refrigerado, Controlado e Ultrabaixo O_2) por diferentes períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Para a variável, compostos fenólicos totais (CFT), no sistema refrigerado, observa-se que houve variação entre os períodos de armazenamento, onde o maior valor encontrado foi de 99,91 mg EAG 100 g^{-1} fruto aos 20 dias e o menor valor foi de 51,08 mg EAG 100 g^{-1} fruto aos 30 dias. No sistema controlado o maior incremento de CFT foi aos 30 dias e o menor aos 50 dias, sendo 81,7 mg EAG 100 g^{-1} fruto e 59,14 mg EAG 100 g^{-1} fruto, respectivamente. No sistema ultrabaixo a maior concentração foi de 88,48 mg EAG 100 g^{-1} fruto e a menor de 71,69 mg EAG 100 g^{-1} fruto, sendo aos 40 dias e 0 dia, respectivamente. Quando observadas as médias gerais, verificou-se que o sistema ultrabaixo diferiu estatisticamente dos outros dois, com a maior média (Tabela 12).

Os compostos fenólicos são produzidos como mecanismo de defesa contra estresse abiótico e biótico que afeta o tecido vegetal, não estando diretamente correlacionado com as funções de crescimento e desenvolvimento do tecido vegetal (DIAS et al., 2016).

Tabela 12. Valores dos compostos fenólicos totais em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Compostos Fenólicos Totais (CFT) - mg EAG.100g^{-1}						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	71,62 aB	67,05 aBC	99,91 aA	51,08 bC	69,3 bBC	63,28 abBC	70,37 b
Controlado (SAC)	70,26 aAB	71,5 aAB	69,58 bAB	81,70 aA	73,99 abAB	59,14 bB	71,03 b
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	71,69 aA	80,83 aA	76,46 bA	88,05 aA	88,48 aA	74,81 aA	80,05 a
Médias	71,19 AB	73,13 AB	81,98 A	73,61 AB	77,26 A	65,74 B	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A atividade antioxidante apresentou um comportamento semelhante aos compostos fenólicos totais. No refrigerado o maior valor foi aos 20 dias e menor aos 30 dias, os quais foram 156,18 mg trolox $100g^{-1}$ fruto e 58,4 mg trolox $100g^{-1}$ fruto, respectivamente. Para o sistema controlado aos 30 dias a atividade antioxidante foi de 161,4 mg trolox $100g^{-1}$ fruto, teor mais elevado e aos 50 dias foi de 88,67 mg trolox $100g^{-1}$ fruto, teor mais baixo. Contudo, no sistema ultrabaixo, ao 0 dia obteve-se o menor valor de 90,87 mg trolox $100g^{-1}$ fruto e maior valor aos 40 dias de 172,81 mg trolox $100g^{-1}$ fruto. Ao analisar as médias gerais verifica-se diferença estatística entre o sistema refrigerado e o ultrabaixo, enquanto o controlado manteve-se semelhante a ambos (Tabela 13).

Segantini et al. (2012) encontraram valores da atividade antioxidante para pêssegos entre 35,81 e 65,39 mg $100g^{-1}$, valores inferiores aos encontrados nesse estudo. Segundo Tavarini et al. (2008), o genótipo (cultivar) influencia diretamente sobre a determinação da capacidade antioxidante total nos frutos de pêssego. Devido aos diferentes tipos de radicais livres e as suas diferentes formas de atuação nos organismos vivos, dificilmente existirá um método simples e universal pelo qual a atividade antioxidante possa ser medida precisa e quantitativamente. Fatores como o método analítico de extração, condições climáticas, origem geográfica e constituintes químicos são os principais responsáveis pelos mais diferentes resultados encontrados na literatura quanto à atividade antioxidante dos alimentos e devem ser levados em consideração como comparação de resultados, para que sejam válidos (ALVES et al., 2010).

Tabela 13. Valores da atividade antioxidante em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Atividade Antioxidante (AA) - mg Trolox.100 g^{-1}						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	10	20	30	40	50	Médias
Refrigerado (SAR)	88,62 aBC	116,58 aAB	157,18 aA	58,4 bC	111,37 bAC	93,14 aBC	104,22 b
Controlado (SAC)	93,7 aB	140,31 aAB	97,18 bB	161,4 aA	129,25 abAB	88,67 aB	118,40 ab
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	90,3 aB	140,97 aAB	112,64 abB	142,19 aAB	172,81 aA	116,84 aB	129,29 a
Médias	90,87 B	132,62 A	122,33 AB	120,66 AB	137,81 A	99,55 B	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A variável carotenoides foi pouco influenciada pelo tempo de armazenamento, contudo, houve uma diferença estatística entre os sistemas de armazenamento, onde

o sistema refrigerado apresentou a maior média de 12,84 mg β-caroteno $100g^{-1}$ amostra, enquanto os sistemas refrigerado e controlado mantiveram-se iguais estatisticamente com as médias de 10,95 mg β-caroteno $100g^{-1}$ amostra e 10,87 mg β-caroteno $100g^{-1}$ amostra, respectivamente (Tabela 14). Manica-Berto (2008) encontrou valores semelhantes aos encontrados nesse trabalho de β-caroteno, em pêssego (sem casca) da cultivar Jubileu. A composição qualitativa e quantitativa dos carotenoides é influenciada por muitos fatores, incluindo o genótipo, o estádio de maturação, as condições climáticas, a parte do fruto, as condições de manipulação na pós-colheita, no armazenamento e no processamento (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993; REMORINI et al., 2008).

Tabela 14. Valores de carotenoides totais em pêssego 'Jubileu' armazenados em SAR, SAC e SAUO nos períodos de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Carotenoides Totais (CT) - mg β-caroteno 100 g^{-1}						
	Período de Armazenamento - Dias						
	0	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**Médias**
Refrigerado (SAR)	11,39 aA	11,74 aA	12,01 aA	14,55 aA	12,73 aA	14,62 aA	12,84 a
Controlado (SAC)	12,09 aAB	12,49 aA	12,29 aA	10,49 bAB	8,02 bB	10,32 bAB	10,95 b
Ultrabaixo O_2 (SAUO)	11,99 aA	11,12 aA	10,2 aA	12,27 abA	11,43 abA	8,22 bA	10,87 b
Médias	11,82 A	11,78 A	11,5 A	12,43 A	10,72 A	11,06 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O gráfico (Figura 10) apresenta o percentual de incidência de podridões, observa-se que para o SAR, desde os 10 dias já foi demonstrada a incidência de podridões. No SAC, as primeiras incidências de podridão foram observadas aos 20 dias e mantiveram-se com um baixo percentual até os 50 dias. Para SAUO foi observado também o início aos 20 dias, mantendo-se baixo até os 40 dias, porém aos 50 dias houve o pico máximo de elevação de incidência de podridões.

O aumento de podridões no sistema ultrabaixo oxigênio, diferente do sistema controlado pode ter sido em decorrência das diferentes concentrações de CO_2, sendo 10% CO_2 em SAC e 5% CO_2 em SAUO, visto que, teores mais elevados controlam melhor o surgimento de podridões. Segundo AGAR et al. (1990), o crescimento de fungos pode ser retardado por meio da redução da temperatura e do aumento da pressão parcial de CO_2. Brackmann et al. (2013) no armazenamento de pêssego 'Eragil' em atmosfera controlada com 1,0% de O_2 e 8,0% de CO_2 encontraram a menor porcentagem de frutos com podridões comparados ao armazenamento refrigerado.

SESTARI et al. (2008) verificaram menor incidência de podridões em pêssegos ‘Maciel’ armazenados em atmosfera controlada com baixas concentrações de O_2.

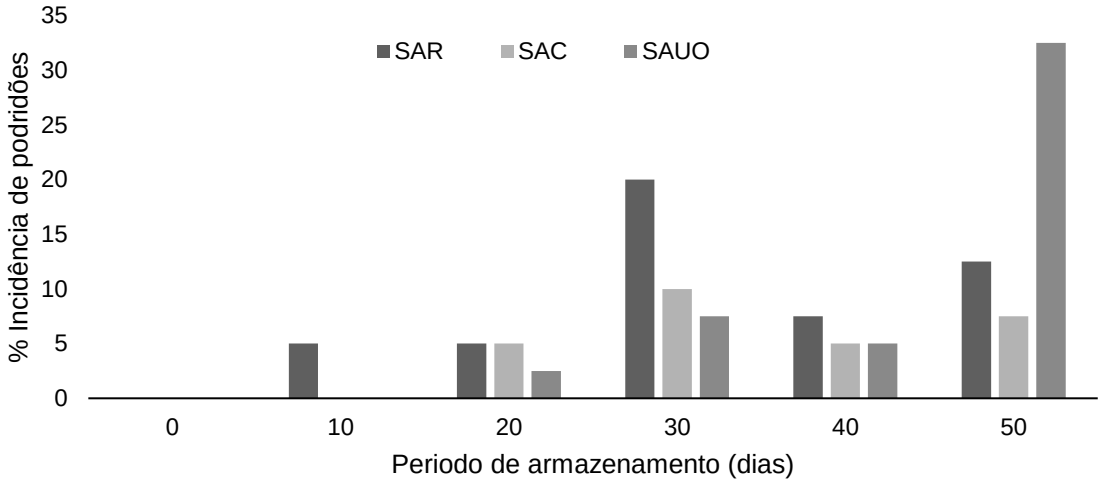

Figura 10. Incidência de podridões em pêssegos ‘Jubileu’ armazenados em SAR, SAC e SAUO em 0,10, 20, 30, 40 e 50 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

3.3. Conclusões

O sistema de armazenamento em atmosfera controlada mantém os melhores parâmetros de qualidade físico-químico analisado, como firmeza de polpa, coloração de polpa e epiderme, teores de açúcares e incidência de podridões do pêssego ‘Jubileu’ até o período de 50 dias.

Os compostos fitoquímicos analisados como compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e carotenoides totais apresentam poucas alterações durante os dias de armazenamento nos sistemas analisados.

O sistema refrigerado não é adequado devido ao seu elevado percentual de perda de massa.

4. Experimento 2: Conservação de pêssego ‘Sensação’ em sistema refrigerado convencional, atmosfera controlada e atmosfera controlada dinâmica

4.1. Material e Métodos

O estudo foi conduzido no laboratório e nas câmaras frias do setor de fisiologia de pós-colheita do Núcleo de Alimentos da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil. Os frutos de pêssego da cultivar Sensação foram colhidas no ponto ideal de colheita “de vez”, oriundas de um pomar comercial do município de Canguçu (31° 23' 44''S e 52° 41' 11''O), região Sul do Rio Grande do Sul, da safra 2017-2018.

Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de atmosferas de armazenamentos diferenciados pelas concentrações oxigênio (O_2) e gás carbônico (CO_2) em diferentes períodos de armazenamento, onde a Atmosfera Refrigerada (AR) teve as seguintes concentrações 20-21% O_2 + 0,03-1% CO_2, a Atmosfera Controlada (AC) as concentrações foram de 1%-2% O_2 + 10-11% CO_2 e na Atmosfera Controlada Dinâmica (ACD) as concentrações foram de 0,4-0,5% O_2 + 10-11% CO_2. A temperatura e a umidade relativa mantiveram-se homogêneas em todas as condições, sendo de 1 ºC e 90-95%, respectivamente. Controladas em tempo real através de software da empresa Garten.

Para AC e ACD foram utilizadas microcâmaras especiais para estanqueidade e controle dos gases, as mesmas estão conectadas a um analisador de gases da Isolcell e a um computador com *softwares* da Isolcell e HarwestWatch™ para controle em tempo real das concentrações de gases e da resposta dos frutos aos sensores de fluorescência. Em ACD para o controle da fluorescência é utilizada uma caixa plástica de 4 L para acondicionamento dos frutos (seis pêssegos ‘Sensação’), na qual estão acoplados os sensores FIRM (*Fluorescence Interactive Response Monitor*).

Na literatura estão descritos protocolos de instalação da atmosfera controlada dinâmica para maçãs de diferentes cultivares, de modo geral, consiste em após a colheita, fazer de forma gradual nas primeiras horas de armazenamento o rebaixamento da temperatura, até a temperatura de armazenamento. Deixa-se que frutos consumam o oxigênio presente na câmara por uns 5 dias, sem alterações no gás carbônico, em seguida, por 2 dias rebaixa-se o O_2 até 3%. Posteriormente é feita a supressão de O_2 restante até um limite que o fruto responda ao sensor de fluorescência (Ex: 0,4% de O_2 - estresse), após a resposta faz um incremento de 0,2% de O_2 e são ajustados os níveis de CO_2 (Ex: 0,6% de O_2)(ZANELLA et al., 2005; PRANGE et al., 2010).

Porém para pêssegos não há protocolos na literatura, então foi montado um protocolo experimental para a montagem da atmosfera controlada dinâmica, sendo feito da seguinte forma: armazenamento inicial foi em 30/10/2017, no primeiro momento foram ajustadas as temperaturas e umidade relativa. Após, o dia 06/11/2017 deixou-se que os frutos consumissem o oxigênio presente, sendo posteriormente feita a injeção de nitrogênio para redução de O_2. Então no dia 12/11/2017 com teores de O_2 entre 0,2% e 0,3% obteve-se o pico de fluorescência, sendo esses os limites mínimos de oxigênio, após o pico foi injetado O_2 e CO_2, ficando os teores em 0,4%-0,5 % de O_2 e 10 %-11% de CO_2 até o final do experimento.

Os períodos de armazenamento distinguiram-se em: P1 – 0 dia (caracterização); P2 – 15 dias; P3 – 30 dias; P4 – 45 dias e P5 – 60 dias. Após a retirada dos frutos das câmaras frias, houve o acondicionamento a uma temperatura de 20 ºC por 24 h, para a simulação de vida útil, posteriormente foram realizadas as seguintes avaliações:

Sólidos Solúveis Totais (SST); Potencial Hidrogeniônico (pH); Acidez Titulável (AT); Relação Sólidos Solúveis Totais por Acidez Titulável (SST/ AT); Firmeza de Polpa (FP); Perda de Massa (PM); Compostos Fenólicos Totais (CFT); Atividade Antioxidante (AA); Carotenoides Totais (CT); Incidência de Podridão (IP) – Foram executas da mesma forma do experimento 1, descrito anteriormente.

Firmeza da epiderme (FE): A firmeza da epiderme dos frutos foi mensurada nas regiões equatoriais, utilizando texturômetro eletrônico TA-XT plus 40855, com ponteira de 2 mm de diâmetro, sendo os valores expressos em Newton (N).

Parâmetros da cor (L*E, a*E, b*E, °HueE, L*P, a*P, b*P e °HueP): Foram determinados através de método objetivo, com um sistema de leitura de três parâmetros, o CIE L*a*b*, proposto pela *Comission Internacionale de l'Eclairage* (CIE), que permite medir a intensidade de absorção na região visível para obtenção dos parâmetros L*, a* e b*. *. Essa análise foi realizada com auxílio do colorímetro da marca Minolta, modelo CR-400, onde L* expressa a luminosidade (L*=0 preto e L*=100 branco) e a* e b* são +a*=vermelho e –a*=verde; +b*=amarelo e –b*=azul. As leituras ocorreram nas porções equatoriais dos frutos (epiderme) e para a polpa foram retirados pedaços da epiderme. Para mensuração do ângulo hue, foi utilizada a fórmula °Hue = arcotan (b*/a*), o resultado desta equação expresso em radianos foi convertido em graus.

Etileno: A produção de etileno dos frutos foi determinada por cromatografia em fase gasosa, utilizando-se cromatógrafo a gás, marca VARIAN, modelo GC-430. Amostras de aproximadamente 1400g foram acondicionadas em frascos com volume de 5,0 L, hermeticamente fechados, durante 1 hora. Em seguida, alíquotas de 50 µL foram retiradas do recipiente e injetadas no cromatógrafo. A concentração de etileno foi calculada por um software, a partir da integração da área do pico de etileno gerado no cromatograma, sendo os resultados expressos em ppm (partes por milhão). Estes resultados foram comparados com um padrão de etileno conhecido, que foi injetado no cromatógrafo durante as análises. A produção de etileno foi calculada em função da concentração deste gás presente no recipiente no momento da determinação, da massa dos frutos, do volume do espaço livre no recipiente e do tempo de fechamento, sendo expresso em µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1} (Both et al., 2017).

Etanol e Acetaldeído: Porções equatoriais dos frutos sem epiderme foram centrifugadas para obtenção do suco, após em frascos de vidros de 20 mL foram adicionados 10 mL do suco, imediatamente fechados e congelados a -18ºC até o momento da análise cromatográfica. No momento das análises as amostras foram colocadas em banho-maria a 60 ºC por 1 hora para formação do *headspace*. Posteriormente uma alíquota de 1 mL foi retirada do espaço livre - *headspace* - e injetada em um CG. As análises de compostos voláteis foram realizadas em um CG Varian 450 equipado com o detector de ionização em chama (FID). As concentrações devem ser calculadas a partir da área do pico de cada composto, usando soluções padrão e os resultados expressos em µL L^{-1}. (CANTILLANO, 1998; SAQUET; STREIF 2008).

O delineamento experimental desse estudo foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3 x 5 (3 sistemas de atmosfera de armazenamento x 5 períodos de armazenamento). A unidade experimental foi composta por 4 repetições de 10 frutos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente à comparação de médias pelo teste de Tukey ($p< 0,05$) e análise de regressão. Foi realizada também análise multivariada através do fatorial de correlações. A análise multivariada tem por objetivo analisar simultaneamente muitas variáveis, o que permite resumir e sintetizar grandes conjuntos de dados.

4.2. Resultados e Discussão

Os sólidos solúveis totais apresentaram interação significativa entre os fatores sistemas armazenamento x períodos de armazenamento. Quando analisados os fatores separadamente, apenas o sistema de armazenamento foi significativo (ANOVA, Tabela 15). A interação desses resultados foi demonstrada no teste comparação de médias, devido aos coeficientes de determinação apresentarem valores baixos.

Tabela 15. Análise de variância para os parâmetros físico-químicos (SST, pH, AT, SST/AT, FP, FE, PM, LE, aE, bE, °HueE, LP, aP, bP e °HueP), cromatográficos (Etileno, Acetal e Etanol) e fitoquímicos (CFT, AA e CT) de pêssego 'Sensação' em diferentes sistemas e períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas - RS, 2020.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio						
		SST	pH	AT	SST/AT	FP	FE	PM
Sistema Armaz. (SA)	2	26,366*	0,0187*	0,180*	4,741^{ns}	24,641*	2,786*	1650,34*
Períodos Armaz. (PA)	4	1,237^{ns}	0,6187*	0,600*	252,39*	2,133*	12,324*	546,94*
SA x PA	8	2,349*	0,0369*	0,036*	11,79*	2,209*	0,806*	124,41*
Resíduo	45	0,533	0,0042	0,0042	2,64	0,146	0,123	5,012
Total	59							
CV (%)		6,89	1,81	8,08	11,37	13,13	4,29	19,74
Média		10,592	3,597	0,804	14,30	2,91	8,25	11,34

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio						
		L*E	a*E	b*E	°HueE	L*P	a*P	b*P
Sistema Armaz. (SA)	2	4,767^{ns}	89,22*	5,485^{ns}	83,303*	23,902*	16,152*	2,477^{ns}
Períodos Armaz. (PA)	4	18,017*	100,47*	37,115*	121,222*	31,507*	51,102*	186,524*
SA x PA	8	4,951*	34,64*	20,011*	37,257*	11,608*	1,882*	3,636^{ns}
Resíduo	45	1,602	1,862	3,995	2,1174	1,703	0,293	2,065
Total	59							
CV (%)		1,64	20,65	3,78	1,75	1,65	5,94	3,04
Média		77,18	6,61	52,91	82,973	79,10	9,11	47,26

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio						
		°HueP	Etileno	Acetal.	Etanol	CFT	AA	CT
Sistema Armaz. (SA)	2	20,37*	24531,5*	112987,4*	2346273,7*	1925,07*	1260,7*	3,80*
Períodos Armaz. (PA)	4	64,52*	2231,2*	226380,6*	2856599,5*	1921,71*	18557,7*	2,52*
SA x PA	8	3,63*	1953,9*	113310,1*	500348,2*	981,93*	1120,7*	1,71*
Resíduo	45	0,454	13,81	3116,57	39216,2	132,41	138,82	0,524
Total	59							
CV (%)		0,85	8,03	76,68	37,65	13,99	7,84	11,32
Média		79,12	46,25	72,80	526,01	82,23	150,33	6,40

Variáveis: SST = Sólidos Solúveis Totais; pH: Potencial Hidrogeniônico; AT = Acidez Titulável; SST/AT = Relação Sólidos Solúveis Totais / Acidez Titulável; FP = Firmeza de Polpa; FE = Firmeza da Epiderme; PM = Perda de Massa; L*E = Luminosidade da Epiderme; a*E = coordenada a* da Epiderme; b*E = coordenada b* da Epiderme; °HueE = Coloração da Epiderme; L*P = Luminosidade da Polpa; a*P = coordenada a* da Polpa; b*P = coordenada b* da Polpa; °HueP = Coloração da Polpa; Acetal. = Acetaldeído; CFT = Compostos Fenólicos Totais; AA = Atividade Antioxidante e CT = Carotenoides Totais. GL = Grau de Liberdade; CV = Coeficiente de Variação; ns = não significativo e * = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

No armazenamento refrigerado houve um aumento dos SST ao final dos 60 dias, apresentando menor valor de 10,46 °Brix no tempo dia 0 e o maior valor de 12,78 °Brix aos 60 dias. Para as atmosferas controlada e controlada dinâmica não houve variação significativa ao longo dos dias, mantendo o teor de SST durante o armazenamento. Quando comparado os sistemas, observou-se uma diferenciação do AR em relação aos demais, aos 15, 45 e 60 dias, sempre com os maiores teores. Nas médias gerais AR com 11,91 °Brix diferiu estatisticamente de AC e ACD, com 9,86 °Brix e 10,0 °Brix, respectivamente (Tabela 16).

O teor de sólidos solúveis pode ser considerado um indicativo da quantidade de açúcares existente em frutos, considerando que outros compostos, como os ácidos, as vitaminas e os minerais estão presentes em pequenas quantidades (KLUGE et al., 2002). À medida que o fruto amadurece, parte dos sólidos é transformada em açúcares pela ação de algumas enzimas, por esse motivo com o avanço da maturação, o teor de sólidos solúveis totais aumenta (CANTILLANO, 2014). No período de armazenamento, há a tendência de aumento de sólidos solúveis, decorrente da transformação das reservas acumuladas durante a formação e o desenvolvimento desses sólidos em açúcares solúveis (JERONIMO; KANESIRO, 2000).

Com isso, nesse trabalho pode-se inferir que AC e ACD retardaram a transformação dos sólidos solúveis e a maturação dos frutos. Weber et al. (2015) não encontraram diferença entre AC, ACD-FC (fluorescência da clorofila) e ACD-QR (coeficiente respiratório) em relação aos sólidos solúveis na maçã 'Royal Gala' sem 1-MCP. Brackmann et al. (2013) trabalhando com pêssegos ‘Eragil’ armazenados por oito semanas em AR e diferentes AC não encontraram mudanças nos SST.

Tabela 16. Valores dos sólidos solúveis totais em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Sólidos Solúveis Totais (SST) - °Brix					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	10,46 aB	12,85 aA	10,88 aB	12,60 aA	12,78 aA	11,91 a
Atmosfera Controlada	9,90 aA	9,88 bA	10,43 aA	9,60 bA	9,50 bA	9,86 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	10,18 aA	10,18 bA	9,73 aA	10,10 bA	9,83 bA	10,00 b
Médias	10,18 A	10,97 A	10,35 A	10,77 A	10,70 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Na Anova (Tabela 15), o potencial hidrogeniônico, apresentou significância para os dois fatores e para interação entre eles, sistemas de armazenamento x períodos de armazenamento.

A determinação do potencial hidrogeniônico é importante para caracterizar a acidez natural, atividade enzimática, estabilidade de componentes, verificação de estado de maturação de frutos e estado de conservação do alimento (ZAMBIAZI, 2004). Na Figura 11, observou-se o comportamento do pH durante os períodos de armazenamento, onde os sistemas de armazenamento AR, AC e ACD, apresentaram um comportamento linear ascendente na regressão, e os valores mínimos foram 3,27, 3,44 e 3,38 no dia 0 e os máximos foram 4,08, 3,9 e 3,75 em AR, AC e ACD, respectivamente aos 60 dias de armazenamento. Ao comparar os sistemas houve diferença estatística entre o AC (média de 3,63) e ACD (média de 3,57), enquanto o AR manteve-se semelhante a ambos, com 3,59 (Tabela 17). O pH tende a aumentar com aevolução do amadurecimento dos frutos (FACHINELLO et al., 2008).

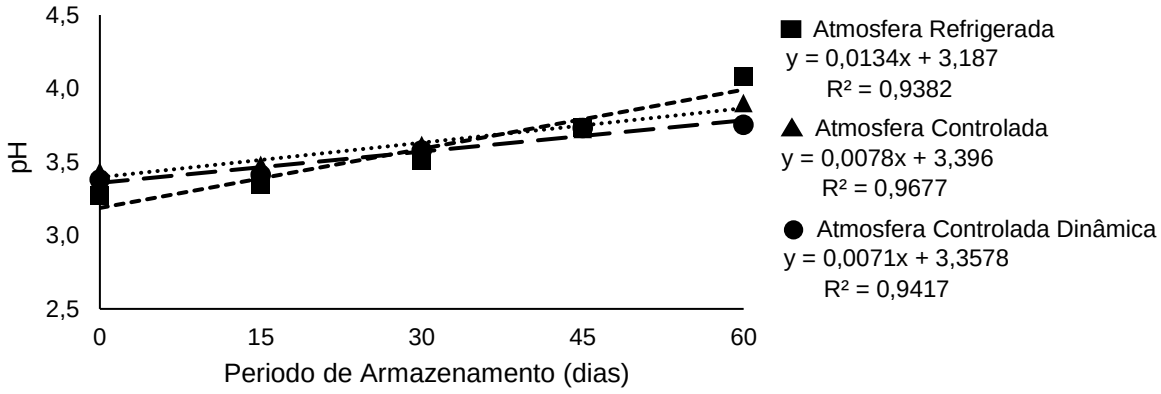

Figura 11. Potencial hidrogeniônico (pH) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 17. Valores do potencial hidrogeniônico em pêssego ‘Sensação’ armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Potencial hidrogeniônico (pH)					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	3,27 b	3,34 b	3,51 a	3,74 a	4,08 a	3,59 ab
Atmosfera Controlada	3,44 a	3,48 a	3,62 a	3,73 a	3,90 b	3,63 a
Atmosfera Controlada Dinâmica	3,38 ab	3,41 ab	3,58 a	3,73 a	3,75 c	3,57 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Acidez titulável, representa o teor de ácidos orgânicos presentes no fruto e, segundo Cecchi (2001), influenciam o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade. A acidez titulável em frutos pode variar de 0,2 a 0,3% no caso de frutos de baixa acidez como maçãs vermelhas e bananas, 2,0% em ameixas e acima de 6% em limão (BONETTI et al., 2011).

A variável acidez titulável, apresentou significância na interação entre os sistemas de armazenamento x períodos de armazenamento, assim como, para os dois fatores isoladamente (Tabela 15). A AT obteve um comportamento da regressão de forma linear decrescente ao longo dos dias de armazenamento com R^2 = 0,82, 0,93 e 0,99 para AR, AC e ACD, respectivamente. Normalmente a AT diminui com a maturação do fruto. O pH apresenta comportamento inverso ao da AT, ou seja, aumenta com a maturação do fruto (FACHINELLO et al., 2008).

Os percentuais mais elevados de ácido cítrico foram no dia 0 de 1,09% para AR, 1,02% em AC e 1,03% para ACD e os menores percentuais encontrados aos 60 dias, sendo 0,54% em AR, 0,46 % para AC e 0,53 em ACD (Figura 12). Os sistemas AC e ACD diferiram estatisticamente de AR, o qual apresentou a maior média de 0,91% de ácido cítrico (Tabela 18). Em maçãs ‘Galaxy’ armazenadas em diferentes atmosferas controladas e controladas dinâmicas não foram encontradas alterações na AT (DE OLIVEIRA ANESE et al., 2019). Brackmann et al (2013), trabalhando com pêssego ‘Eragil’ encontram resultados semelhantes a esse trabalho, teores menores de acidez titulável em AC (2% O_2 e 10% CO_2) comparado a AR.

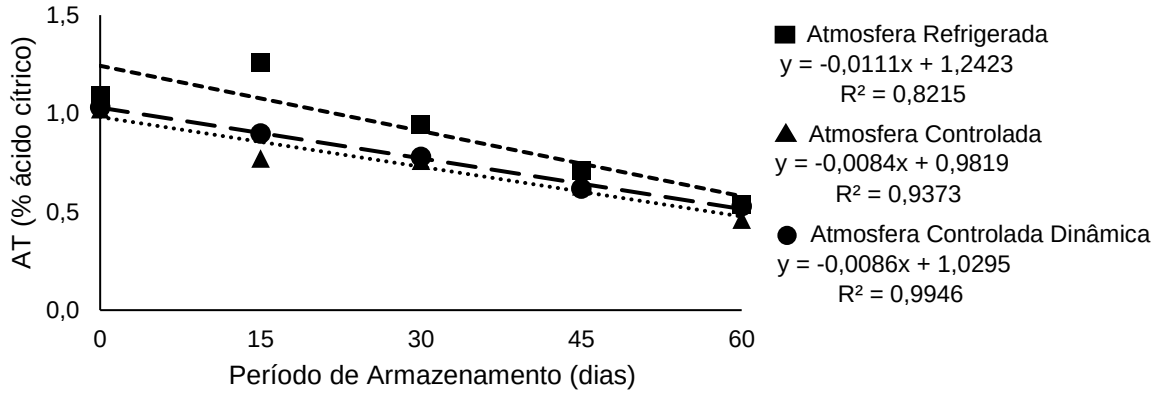

Figura 12. Acidez titulável (AT) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 18. Valores da acidez titulável em pêssego 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Acidez Titulável (ATT) - % ácido cítrico					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	1,09 a	1,26 a	0,95 a	0,71 a	0,54 a	0,91 a
Atmosfera Controlada	1,02 a	0,77 c	0,76 b	0,63 a	0,46 a	0,73 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	1,03 a	0,90 b	0,78 b	0,62 a	0,53 a	0,77 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A relação SST/AT apresentou interação significativa entre os fatores sistemas de armazenamento x períodos de armazenamento, quando isolados os fatores apenas o período de armazenamento foi significativo (Tabela 15). Na Figura 13, estão representadas as regressões lineares para os sistemas AR, AC e ACD, os quais apresentaram uma tendência de elevação gradual dos teores com o decorrer do tempo de armazenamento, com os valores inferiores no dia 0, de 9,6, 9,7 e 9,9 e superiores aos 60 dias de 24,3, 20,7 e 18,6 para AR, AC e ACD, respectivamente. Cantillano et al. (2014) na comparação de AR e AC, em pêssegos 'Eldorado', encontraram maior relação (SST/AT) em AR, assim como neste trabalho.

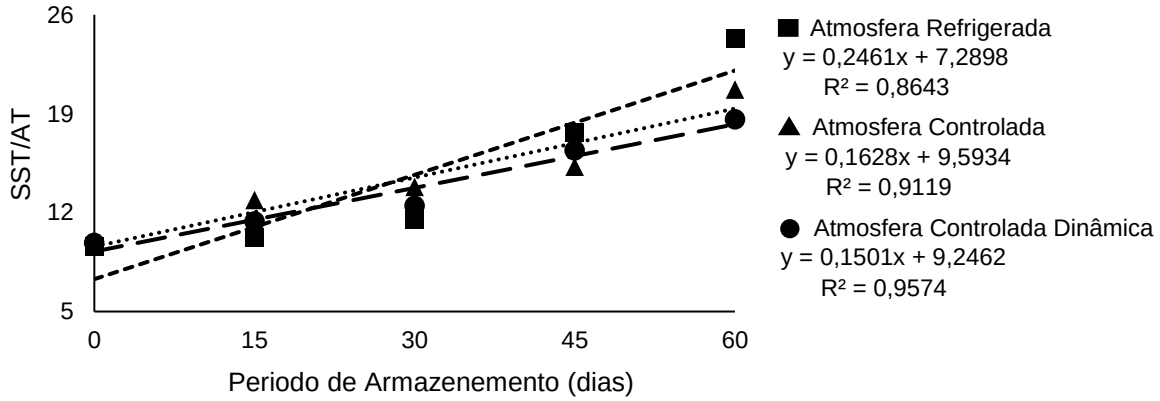

Figura 13. Relação entre sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A firmeza de polpa e a firmeza da epiderme foram significativas para interação entre os fatores SA x PA, assim como, na análise dos fatores separados (Tabela 15).

Na análise de regressão para firmeza de polpa houve um comportamento linear para AR, com aumento de firmeza ao longo dos dias, apresentando a maior média de 4,18N, diferindo de AC e ACD, os quais comportaram se de forma quadrática com pequenas variações de valores e médias menores de 2,22N e 2,3N, respectivamente (Figura 14 e Tabela 19).

Diferentemente, do que normalmente é esperado durante o amadurecimento dos frutos, que seria uma redução da firmeza, ocorreu um aumento na atmosfera AR, o que pode ter contribuído para isso é o fato desse tratamento apresentar a maior perda de massa, ocasionando assim, uma resistência na polpa. A firmeza da polpa é dada pelas substâncias pécticas que compõem as paredes celulares. Com a maturação, tais substâncias vão sendo solubilizadas, o que ocasiona o amolecimento dos tecidos dos frutos (FACHINELLO et al., 2008). Com isso, pode-se dizer que as atmosferas AC e ACD impediram de forma mais significativa a ação das enzimas que atuam na degradação da parece celular.

Em pêssegos 'Eldorado' armazenados por 45 dias em AR e diferentes atmosferas de AC (2% O_2 + 5% CO_2; 2% O_2 + 10% CO_2; 2% O_2 + 15% CO_2) não foram encontradas diferenças significativas para a firmeza de polpa, com os valores variando de 3,40 N à 6,20 N (CANTILLANO et al., 2014). Brackmann et al. (2013) assim como nesse trabalho, encontraram em AR valores intermediários de firmeza de polpa, mas superiores a alguns tratamentos com algumas condições de AC.

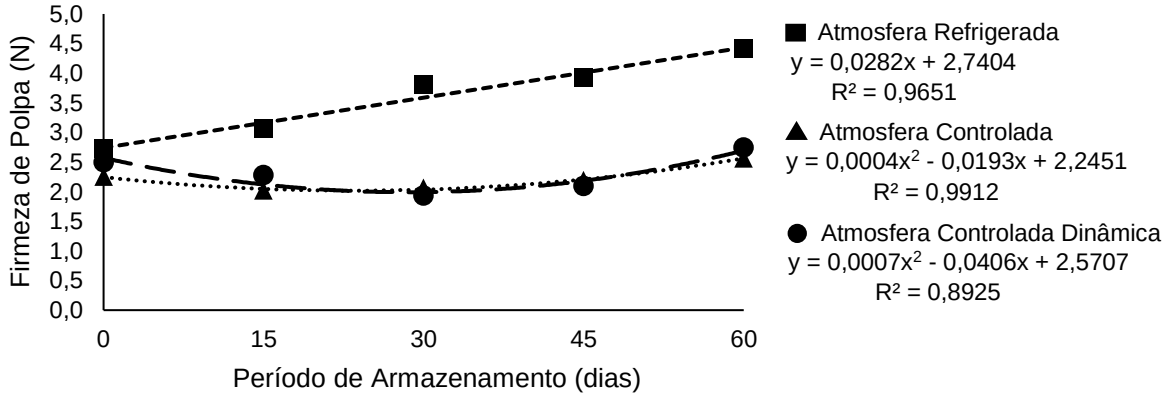

Figura 14. Firmeza de polpa de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 19. Valores da firmeza de polpa em pêssego 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Firmeza de Polpa (FP) - N					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	2,72 a	6,07 a	3,80 a	3,92 a	4,41 a	4,18 a
Atmosfera Controlada	2,25 a	2,02 b	2,06 b	2,19 b	2,56 b	2,22 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	2,50 a	2,28 b	1,94 b	2,10 b	2,75 b	2,31 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Resultados diferentes foram encontrados para a firmeza da epiderme, onde as regressões para AR, AC e ACD apresentaram-se linearmente com reduções ao longo dos períodos de armazenamento, sendo os valores máximos encontrados no dia 0 de 10,7 N, 8,9 N e 9,71 N e valores mínimos aos 60 dias de 7,26 N, 7,20 N e 7,21 N, em AR, AC e ACD, respectivamente. Os sistemas se diferenciaram estatisticamente apresentando maior média de 8,63 N em AR, menor média em AC de 7,88 N e intermediária em ACD com 8,26 N (Figura 15 e Tabela 20). Esses valores evidenciam que os frutos seguiram o processo normal de amadurecimento, que devido a muitos processos metabólicos provocam a redução da firmeza (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

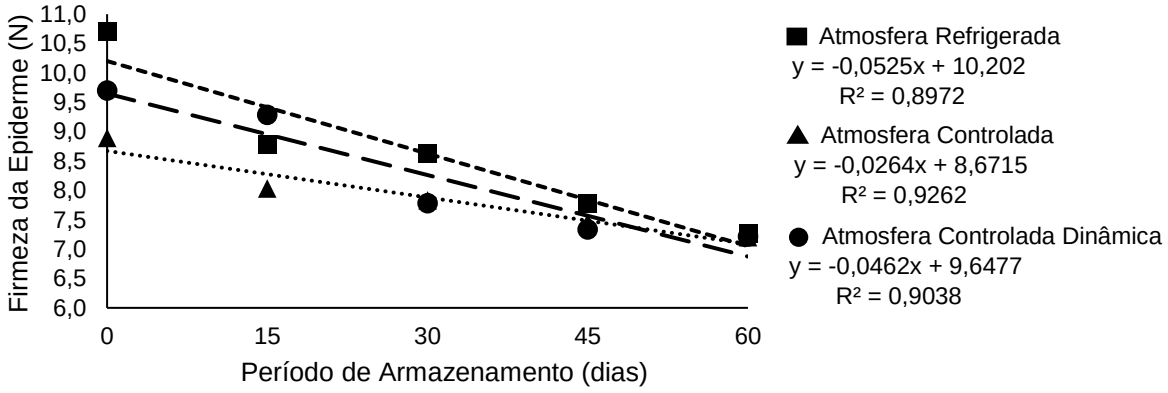

Figura 15. Firmeza da epiderme de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 20. Valores da firmeza da epiderme em pêssego 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Firmeza da Epiderme (FE) - N					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	**15**	**30**	**45**	**60**	**Médias**
Atmosfera Refrigerada	10,70 a	8,77 a	8,63 a	7,77 a	7,26 a	8,63 a
Atmosfera Controlada	8,90 c	8,03 a	7,83 a	7,45 a	7,20 a	7,88 c
Atmosfera Controlada Dinâmica	9,71 b	9,28 a	7,78 b	7,33 a	7,21 a	8,26 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A perda de massa em frutos armazenadas ocorre em razão da água eliminada por transpiração, causada pela diferença de pressão de vapor entre o fruto e o ar no ambiente (SOUSA et al., 2000), ocasionando perda de qualidade na comercialização dos frutos (BRACKMANN et al., 2007).

Na Tabela 15, onde está demonstrada a ANOVA, observou-se que a variável perda de massa apresentou significância entre SA x PA, assim como para os fatores

separadamente. O percentual de perda de massa nos três sistemas de armazenamento teve um comportamento quadrático, tendendo à elevação com os maiores percentuais aos 60 dias, sendo 35,28% em AR, 8,68% para AC e 9,84% em ACD. O AR apresentou elevada perda de massa, desde a primeira avaliação aos 15 dias, diferenciando em todos períodos de AC e ACD (Figura 16 e Tabela 21). De acordo com Finger e Viera (1997), as perdas de massa se tornam críticas para a maioria dos vegetais quando atingem valores superiores a 10%, causando sintomas de murchamento, por esse motivo os valores em AC e ACD deste experimento mantiveram-se satisfatórios. Nava e Brackmann (2002) relataram em pêssego 'Chiripá' menor perda de masa nos tratamentos em AC comparados com AR, a qual pode ser explicada pela menor atividade respiratória e, principalmente, pelo efeito da menor transpiração dos frutos.

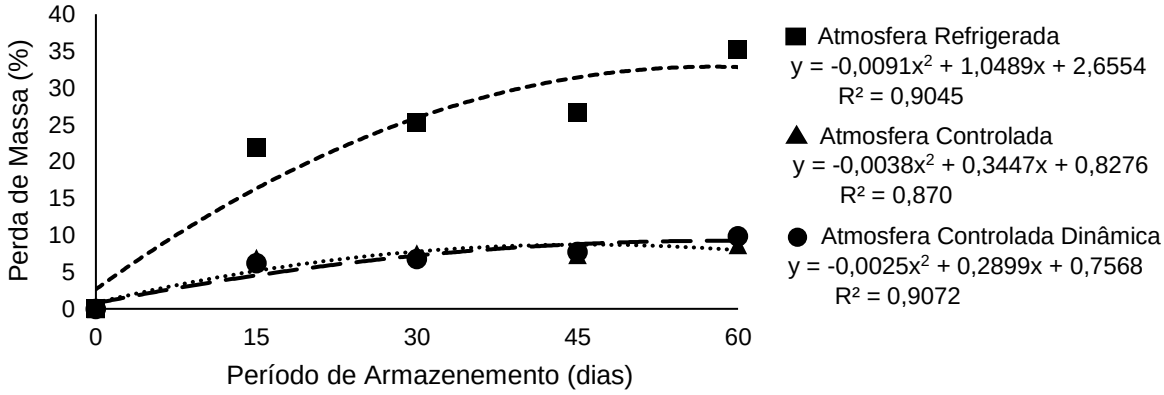

Figura 16. Perda de massa de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 21. Valores da perda de massa em pêssego 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Perda de Massa (PM) - %					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	0,0 a	21,84 a	25,36 a	26,68 a	35,28 a	21,83 a
Atmosfera Controlada	0,0 a	6,90 b	7,49 b	7,34 b	8,68 b	6,08 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	0,0 a	6,22 b	6,76 b	7,73 b	9,84 b	6,11 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os parâmetros que compõem a cor da epiderme (L*E, a*E, b*E e °HueE) apresentaram-se significativos em relação à interação SA x PA, quando avaliados os

fatores isolados apenas L*E e b*E não foram significativos para sistemas de armazenamento (Tabela 15).

A luminosidade da epiderme apresentou pouca variação durante os períodos de armazenamento, com um comportamento quadrático tendendo à redução aos 60 dias, nos três sistemas (Figura 17).

A coordenada a* da epiderme, a qual demonstra uma amplitude de cor de verde (-a*) à vermelha (+a*), nesse experimento houve uma evolução dos valores no decorrer dos dias, os maiores aumentos foram em AR com valor máximo aos 60 dias de 14,44, diferindo de AC com 6,79 e ACD com 4,73 (Figura 18).

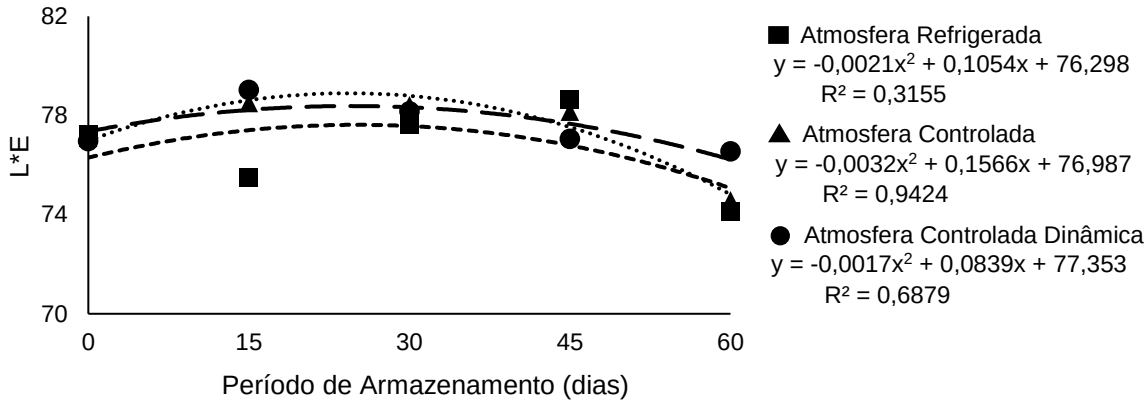

Figura 17. Luminosidade da epiderme (L*E) de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

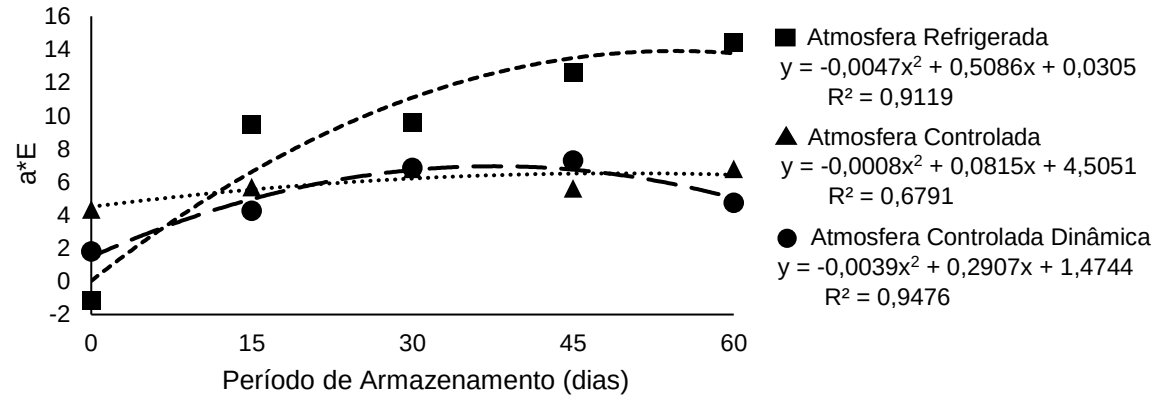

Figura 18. Coordenada a* da epiderme (a*E) de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Na epiderme, a coordenada b* apresentou um comportamento semelhante à variável LE, com algumas variações de valores durante o armazenamento, mas

quando comparado o primeiro ao último período de armazenamento houve uma redução de valores em todos os sistemas de armazenamento, com um comportamento quadrático das regressões (Figura 19). A coordenada b* da cor tem variação de +b* amarelo à -b* azul.

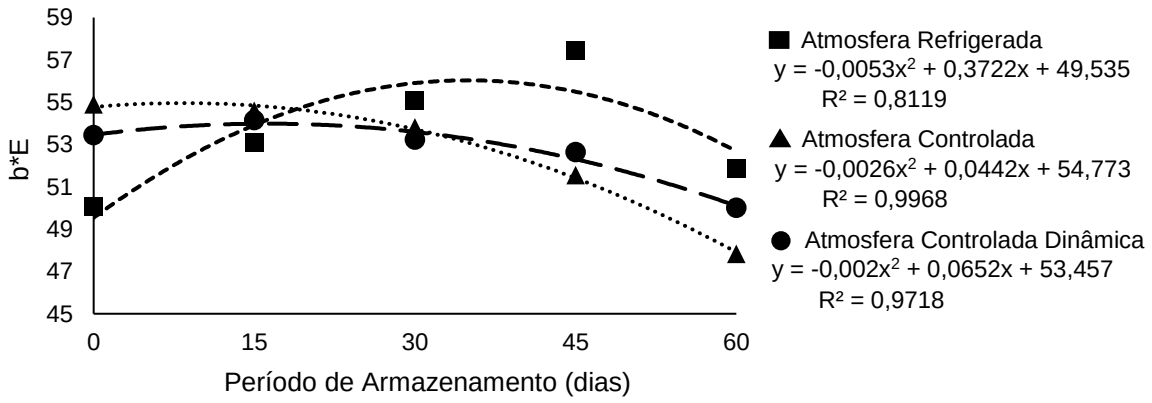

Figura 19. Coordenada b* da epiderme (b*E) de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A coloração da epiderme ou tonalidade propriamente dita, expressa em ângulo Hue, apresentou uma tendência de reduções graduais, com ajustes quadráticos nas regressões, os maiores valores foram no dia 0, com variações ao longo dos períodos e diminuição na comparação com os valores aos 60 dias. A diminuição de valores demonstra que durante o armazenamento houve transformações da coloração da epiderme em virtude de amadurecimento, porém, observou-se que essas mudanças foram maiores em AR, sendo assim AC e ACD, impediram de forma mais eficiente as transformações de coloração ligadas ao amadurecimento (Figura 20).

A mudança na coloração dos frutos pode ser explicada pela intensidade do metabolismo, ou seja, quanto maior o metabolismo, mais intensa é a degradação da clorofila e a síntese de carotenoides (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A coloração da epiderme do pêssego é um dos principais atributos que o consumidor utiliza para avaliar a qualidade do fruto, ângulo de cor mais próximo de 180° significa frutos mais verdes, enquanto que mais próximo de 0° mais vermelho é o fruto (VITTI, 2004). O °Hue pode servir para averiguar o grau de maturação dos frutos, pois com o amadurecimento ocorre uma diminuição do ângulo Hue (INFANTE et al., 2008). Os resultados obtidos revelam que os frutos atingiram a coloração amarelo alaranjada, sendo essa uma característica da cultivar 'Sensação' (RASEIRA et al., 2014).

Santana et al. (2011) não encontraram diferença significativa na coloração da epiderme dos pêssegos ‘Douradão’ em atmosfera controlada e relatam que a temperatura de 1 °C com variação de CO_2 e manutenção de O_2 pode ter inibido a degradação da clorofila e a síntese de carotenoides. Lana e Finger (2000) relatam que a atmosfera de armazenamento com baixa concentração de oxigênio associada ou não a altas concentrações de dióxido de carbono demonstram efeito sob a degradação da clorofila.

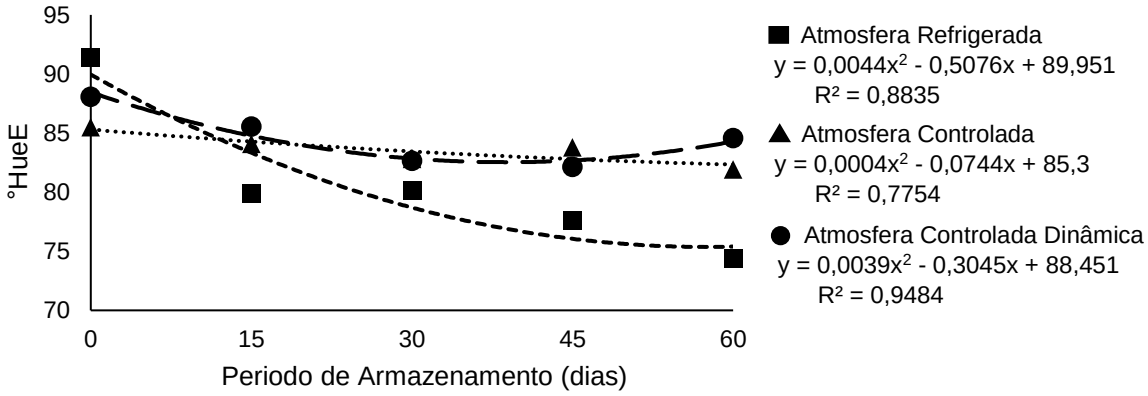

Figura 20. Coloração da epiderme (°HueE) de pêssegos ‘Sensação’ em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Foram analisados os parâmetros de coloração da polpa (L*P, a*P, b*P e °HueP), para interação entre os fatores sistemas de armazenamento x períodos de armazenamento e fatores isolados, a variável b*P foi diferente das demais, apresentando significância apenas para período de armazenamento (Tabela 15).

A luminosidade da polpa apresentou variações, com aumento em todos os sistemas até os 45 dias, demonstrando que até esse período não houve mudanças na coloração da polpa, diferentemente do que ocorreu aos 60 dias, havendo uma diminuição em AR, demonstrando uma tendência de escurecimento de polpa, uma vez que valores de L variam de 100 = branco e 0 = preto (Figura 21).

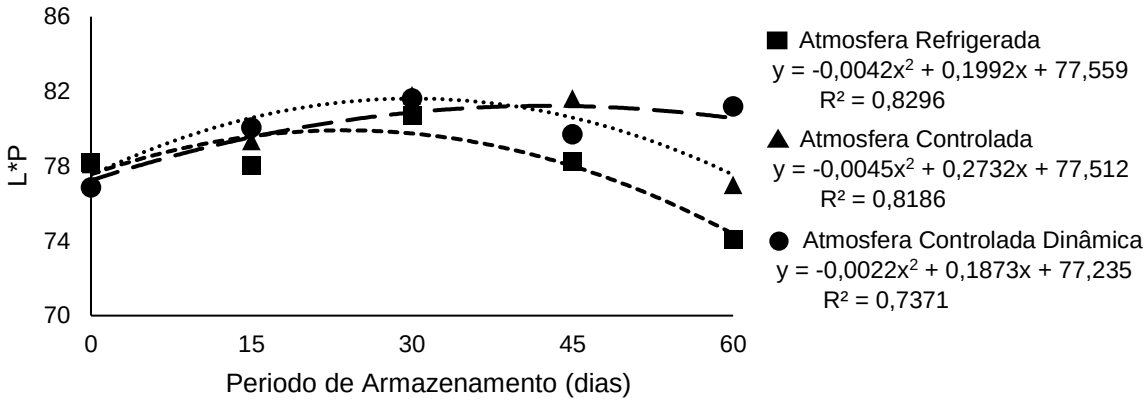

Figura 21. Luminosidade da polpa (L*P) de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A coordenada a*P, durante os períodos de armazenamento apresentou um ajuste quadrático em relação às regressões para os três sistemas de armazenamento, o sistema AR foi o que demonstrou o maior aumento quando comparado a 0 e 60 dias, com valores de 6,18 e 13,04, respectivamente. Em AC e ACD houve um maior aumento aos 15 dias, mantendo-se com poucas variações até os 60 dias (Figura 22).

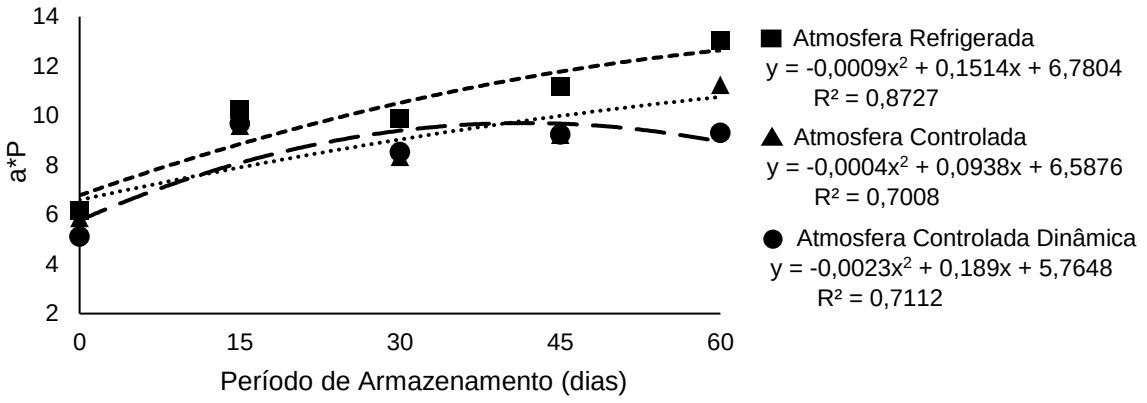

Figura 22. Coordenada a*P da polpa (a*P) de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A variável b*P não se diferenciou nos sistemas de armazenamento, apresentando variações apenas no período de armazenamento, com aumento maior aos 15 dias, reduzindo de forma gradual até os 60 dias, o qual diferiu pouco do dia 0 (Figura 23).

O ângulo Hue da polpa apresentou um comportamento semelhante em AR, AC e ACD, reduzindo de forma linear com o passar dos dias de armazenamento, onde a

maior redução na comparação entre os dias 0 e 60, foi em AR, com os valores de 81,77° e 73,80°, respectivamente. De maneira geral, observou-se coloração da polpa de um amarelo claro tendendo a um pouco mais escuro, nos três sistemas (Figura 24).

Steffens et al. (2006) submeteram diferentes cultivares de pêssegos (‘Jubileu’, ‘Maciel’ e ‘Eldorado’) a atmosferas de 1% O_2 + 5% CO_2 (10 °C) e 1% O_2 + 10% CO_2 (10 °C e 0 °C) e observaram que o escurecimento da polpa variou entre as cultivares e as temperaturas de armazenamento. A coloração do mesocarpo é de grande interesse na previsão da maturação de pêssegos. Crisosto (1994) afirmou que a cor da polpa é um dos índices de maturação mais confiáveis, uma vez que, não é afetada pela luz solar. Em pêssegos, por serem frutos climatéricos, ocorre aumento na síntese de etileno no início do amadurecimento. Com isso, observa-se alterações de cor, textura, aroma e outras características bioquímicas (CRISOSTO; COSTA, 2008; BARRETO et al., 2016).

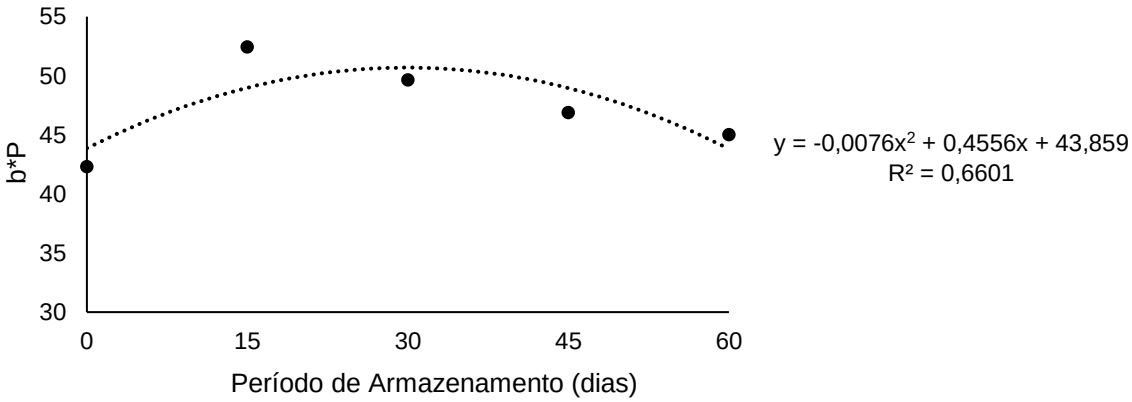

Figura 23. Coordenada b* da polpa (b*P) de pêssegos ‘Sensação’ nos diferentes períodos de armazenamento (0, 15, 30, 44 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

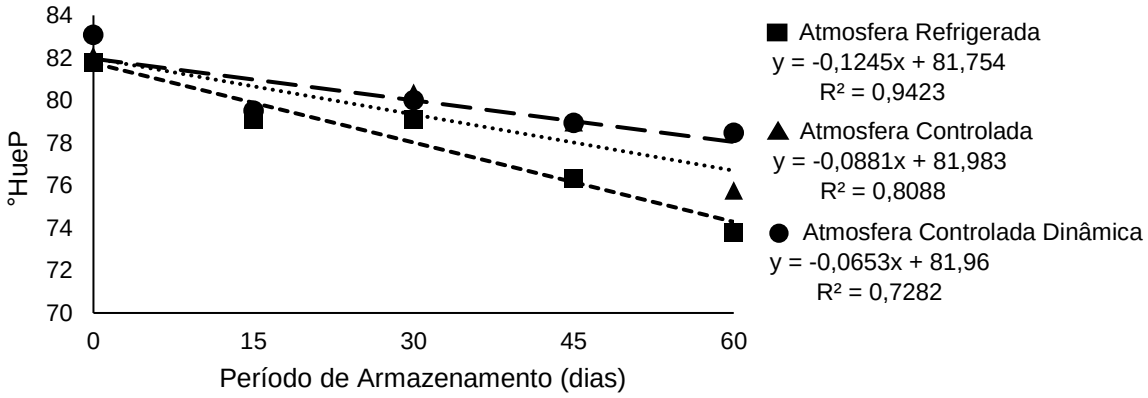

Figura 24. Coloração da polpa (°HueP) de pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A análise de variância para os parâmetros cromatográficos etileno, acetaldeído e etanol, demonstrou significância para interação entre os fatores sistemas de armazenamento x períodos de armazenamento, assim como, para cada fator separadamente. Acetaldeído e etanol foram duas variáveis que apresentaram um alto coeficiente de variação, devido às maiores alterações entre os períodos e diferenças entre os sistemas (Tabela 15). A exposição dos frutos aos produtos da fermentação – etanol e acetaldeído – pode tanto estimular, como inibir a produção de etileno, dependendo da concentração destes produtos no ambiente de armazenagem (BURDON et al., 1996; BEAULIEU; SALTVEIT, 1997).

Os sistemas AC e ACD, para a variável etileno, apresentaram resultados semelhantes, com ajuste quadrático, onde valores no dia 0 foram de 22,38 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}e 20,54 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}, respectivamente, com elevações aos 15 e 30 dias, estabilização aos 45 e diminuição aos 60 dias, sendo 17,68 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}e 14,54 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}, respectivamente. O sistema AR, também com ajuste quadrático, mas comportamento diferente dos outros sistemas, apresentou aumento gradual com o passar dos períodos de armazenamento, onde os teores no dia 0 foram de 23,51 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}e 116,58 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}aos 60 dias (Figura 25). Na comparação das médias dos sistemas, observa-se que AR com os maiores teores diferiu estatisticamente de AC e ACD, que se mantiveram iguais (Tabela 22).

A produção de etileno em frutos climatéricas tende a aumentar com o amadurecimento, o que pode ser visto nesse experimento, em que as condições atmosféricas de AC e ACD mantiveram em níveis mais baixos a concentração de

etileno até o final do armazenamento. Segundo Kluge et al. (2002), pêssegos são considerados frutos climatéricos, por apresentarem no seu processo de maturação um pico no aumento da sua taxa respiratória precedido de aumento na concentração de etileno endógeno. As enzimas ACC oxidase e ACC sintase são enzimas essenciais para a via de biossíntese de etileno (TAIZ et al., 2017), Berghetti et al. (2020), observaram a redução da ACC oxidase com diminuições parciais de O_2 em armazenamento em atmosferas controladas de maçãs 'Royal Gala'.

A baixa pressão de O_2 combinada com a alta pressão de CO_2, empregadas no armazenamento em AC, reduz a produção de etileno e a taxa respiratória, conservando assim, as características físico-químicas e inibindo e/ou diminuindo a ocorrência de alguns distúrbios fisiológicos (GWANPUA et al., 2012; WEBER et al., 2013; BOTH et al., 2014).

Em maçãs 'Royal Gala' armazenadas a 0,5 °C em AC e ADC apresentaram maior produção de etileno em ACD, meio dia após exposição à 20 °C (WEBER et al., 2015). Thewes et al. (2015) também encontraram maior produção de etileno em maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy', armazenadas em AC em comparação com ACD-FC e ultra baixo de oxigênio. Sanhueza et al. (2015), trabalhando com nectarinas 'Red Pearl' armazenadas por 21 dias a 4 °C em AC e AR, observaram um aumento expressivo na produção de etileno no AR.

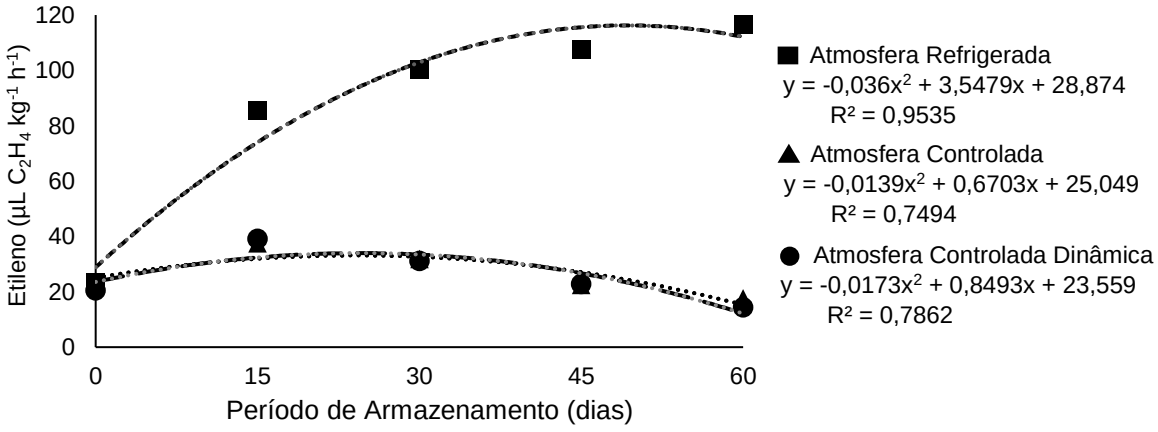

Figura 25. Concentração de etileno dos pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 22. Valores das médias da concentração de etileno em pêssego 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Etileno - µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	23,51a	85,58a	100,28a	107,50a	116,58a	86,69a
Atmosfera Controlada	22,38a	37,59b	31,86b	22,54b	17,68b	26,41b
Atmosfera Controlada Dinâmica	20,54a	39,18b	31,25b	22,86b	14,45b	25,65b

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A variável acetaldeído apresentou um aumento linear em AR, mas com pequenas variações nas comparações com os outros sistemas. O teor no dia 0 foi de 1,41 µL L^{-1} e de 4,82 µL L^{-1} aos 60 dias, comportamento diferente observou-se em AC e ACD que apresentaram um ajuste quadrático crescente, com aumento muito superior ao final do armazenamento. Na atmosfera controlada no dia 0 o teor de acetaldeído foi de 1,34 µL L^{-1} e aos 60 dias foi de 216,14 µL L^{-1}, porém na atmosfera controlada dinâmica o aumento foi ainda mais intenso, valores no dia 0, de 1,26 µL L^{-1} e aos 60 dias de 732,01 µL L^{-1} (Figura 26). Na comparação dos sistemas de armazenamento, quanto às médias gerais, houve diferença estatística entre todos, sendo AR a menor média de 3,06 µL L^{-1}, AC a intermediária com 62,93 µL L^{-1} e ACD a maior média com 152,41 µL L^{-1} (Tabela 23). A presença de acetaldeído em baixas concentrações promove a síntese ou ativação da ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) oxidase, o que aumenta a conversão de ACC a etileno e acelera o amadurecimento. Em altas concentrações de acetaldeído, a ACC oxidase é desativada, seja em função da desnaturação provocada pelo acetaldeído ou pela indução de uma rota de inativação (BEAULIEU; SALTVEIT, 1997).

Santos (2016) observou aumento de acetaldeído em maçãs 'Granny Smith' armazenadas em ACD-QR comparado com AC. Alguns trabalhos relatam o efeito prejudicial do acetaldeído às células, causando escurecimento nos tecidos (PESIS et al., 1998; LEE et al., 2012), mas não apontam em que quantidade esse composto pode ser danoso. Por outro lado, Pesis (2005) relata que o acetaldeído é mais efetivo na inibição do etileno, do que qualquer outro composto da fermentação, podendo assim favorecer positivamente a manutenção da qualidade dos frutos.

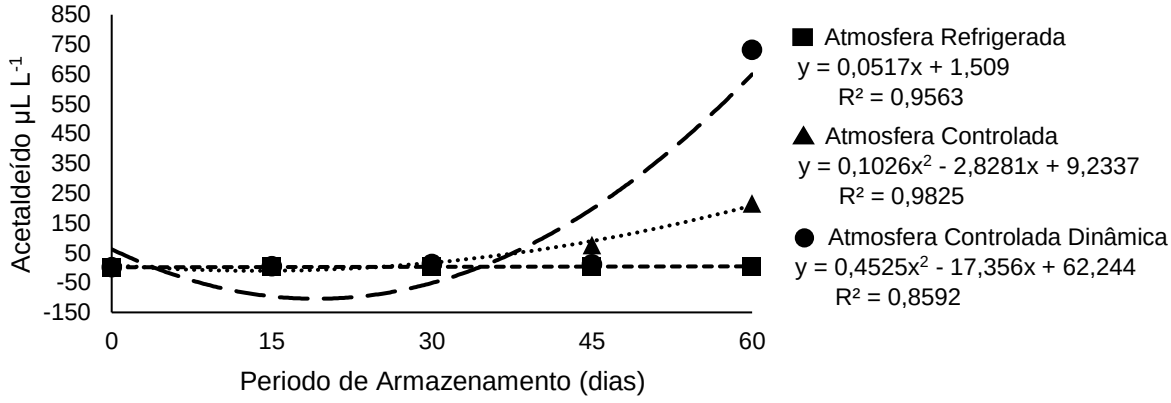

Figura 26. Concentração de acetaldeído dos pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 23. Valores da concentração de acetaldeído em pêssego 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Acetaldeído - µL L^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	1,41 a	2,63 a	2,88 a	3,57 a	4,82 c	3,06 c
Atmosfera Controlada	1,34 a	6,45 a	14,50 a	76,24 a	216,14 b	62,93 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	1,26 a	4,47 a	12,43 a	11,88 a	732,01 a	152,41 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O etanol apresentou um comportamento semelhante ao acetaldeído, onde a menor média foi em AR com 150,9 µL L^{-1}, diferindo estatisticamente de ACD com a média intermediária de 607,52 µL L^{-1}, os quais, diferenciaram também de forma estatística de AC com a maior média de 820,41 µL L^{-1} (Tabela 24). Com o avançar dos dias de armazenamento, para os três sistemas AR, AC e ACD, observou-se um aumento de forma linear, com os coeficientes de determinação de R^2= 0,74, 0,93 e 0,89, respectivamente. As maiores variações e aumento de valores ocorreram em AC, onde o valor mínimo foi de 56,19 µL L^{-1} no dia 0 e o valor máximo de 1957,97 µL L^{-1} aos 60 dias (Figura 27).

Baixas pressões parciais de oxigênio induzem a produção de etanol e acetaldeído, que em pequenas concentrações também podem interferir na síntese de etileno e reduzir a produção deste fitohormônio (PESIS, 2005; PESIS et al., 2010; JIN et al., 2013). Burdon et al. (1996) sugerem que curtos períodos de anaerobiose, proporcionados por ambientes de armazenagem com baixo O_2, sejam mais eficientes no controle do amadurecimento de frutos pela produção de etanol e acetaldeído no

interior da polpa dos frutos, enquanto que a aplicação exógena destes compostos atinge apenas a parte externa da polpa, portanto o efeito é menor.

Santos (2016), trabalhando com maçãs 'Granny Smith' observou que a produção de etanol aumentou concomitantemente à produção de acetaldeído, sendo observada correlação positiva para essas duas variáveis, da mesma forma como ocorreu nesse experimento. Este fato ocorre possivelmente devido à indução da atividade da enzima álcool desidrogenase (ADH) que converte acetaldeído a etanol usando NADH gerado na glicólise a partir da acumulação de piruvato (KE et al., 1993; KE et al., 1994; SAQUET; STREIF, 2008; LEE et al., 2012).

Tabela 24. Valores das concentrações de etanol em pêssegos 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Etanol - µL L^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	33,61 a	46,57 a	116,81 b	319,82 b	233,66 c	150,09 c
Atmosfera Controlada	56,19 a	214,19 a	819,58 a	1054,12 a	1957,97 a	820,41 a
Atmosfera Controlada Dinâmica	38,14 a	85,18 a	632,21 a	735,49 a	1546,62 b	607,53 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

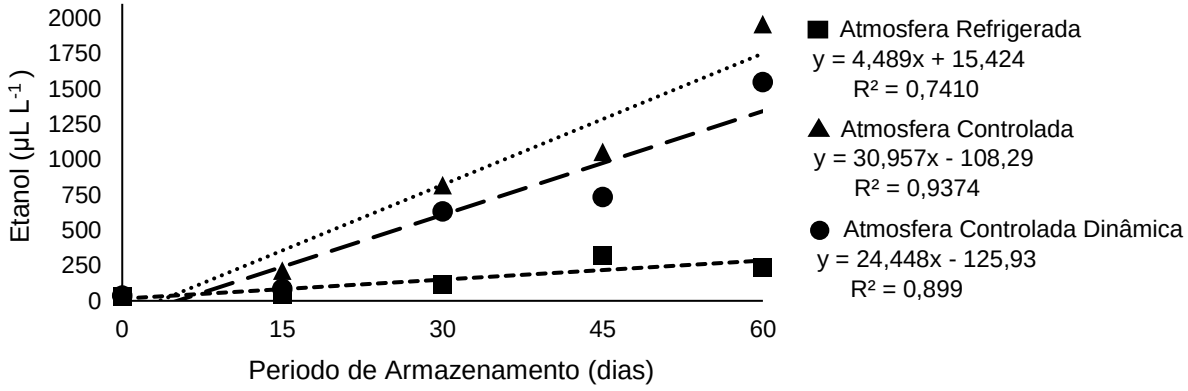

Figura 27. Concentração de etanol dos pêssegos 'Sensação' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD), em distintos períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Os parâmetros fitoquímicos avaliados foram compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e carotenoides totais, essas três variáveis apresentaram significância para os fatores isolados e para interação sistemas de armazenamento x período de armazenamento (Tabela 15). A interação desses resultados foi

demonstrada em tabelas com comparação de médias devido aos coeficientes de determinação nas regressões apresentarem valores baixos.

O sistema AR aos 60 dias apresentou 120,4 mg EAG.100g^{-1}, maior valor, diferindo estaticamente do 0 dia com 89,59 mg EAG.100g^{-1}. Em AC o maior teor foi de 107,63 mg EAG.100g^{-1} aos 15 dias, diferindo estatisticamente de 56,15 mg EAG.100g^{-1} aos 60 dias. Porém no sistema ACD o maior valor foi de 85,67 mg EAG.100g^{-1} no dia 0 e o menor valor foi de 55,45 mg EAG.100g^{-1} aos 30 dias, o qual diferiu de 0 e 15 dias e manteve-se semelhante estatisticamente a 45 e 60 dias. Na comparação das médias gerais, os sistemas AC e ACD foram iguais estatisticamente com médias de 78,2 mg EAG.100g^{-1} e 75,08 mg EAG.100g^{-1}, respectivamente, diferindo de AR com a maior média de 93,42 mg EAG.100g^{-1}. Quando avaliadas as médias do CFT para os cinco períodos de armazenamento, verificou-se o maior valor de 100,47 mg EAG.100g^{-1} aos 15 dias, diferindo dos 30 dias, menor média com teor de 68,49 mg EAG.100g^{-1} (Tabela 25).

Os compostos fenólicos são resultantes do metabolismo secundário dos vegetais, produzidos em função de defesa em resposta aos ataques externos. Esses compostos possuem uma diversidade estrutural devido à grande variedade de combinações, são classificados em classes de acordo com o tipo do esqueleto principal que constitui o anel benzênico e com a cadeia substituinte (PANDEY; RIZVI, 2009), formando um grupo com aproximadamente 10.000 estruturas conhecidas (TAIZ et al., 2017). Os compostos fenólicos são produzidos como mecanismo de defesa contra estresse abiótico e biótico que afeta o tecido vegetal, não estando diretamente correlacionado com as funções de crescimento e desenvolvimento do tecido vegetal (DIAS et al., 2016).

Segantini et al. (2012) reportaram valores em diferentes cultivares de pêssego, cultivar Douradão com 53,38 mg ácido gálico 100 g^{-1}, cultivar Granada com 72,38 mg ácido gálico 100 g^{-1} e cultivar Marli com 78,09 mg ácido gálico 100 g^{-1}. Dalla Valle et al. (2007); Di Vaio et al. (2008); Santos et al. (2013) relataram aumento no teor de compostos fenólicos na pós-colheita de pêssegos armazenados, que pode ser devido à hidrólise desses compostos ligados à parede celular. Na literatura autores relataram uma estabilidade dos compostos fenólicos em polpa e sucos de frutos armazenados sob refrigeramento (CASTRO-LÓPEZ et al., 2016; KEVERS et al., 2007)

Tabela 25. Valores dos compostos fenólicos totais em pêssego 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Compostos Fenólicos Totais (CFT) - mg EAG.100g^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	89,59 aBC	108,81 aAB	77,94 aC	70,35 aC	120,40 aA	93,42 a
Atmosfera Controlada	85,71 aAB	107,62 aA	72,08 abBC	69,45 aBC	56,15 bC	78,20 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	85,67 aA	84,99 bA	55,45 bB	77,48 aAB	71,79 bAB	75,08 b
Médias	86,99 B	100,47 A	68,49 D	72,43 CD	82,78 BC	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A atividade antioxidante, nos três sistemas, apresentou variações durante os dias de armazenamento, contudo, os valores no dia 0, foram superiores aos valores aos 60 dias, sendo no dia 0 teores de 205,12 mg Trolox.100 g^{-1} em AR, 197,25 Trolox.100 g^{-1} para AC e 192,10 Trolox.100 g^{-1} em ACD e aos 60 dias 119,19 em AR, 88,75 Trolox.100 g^{-1} para AC e 138,32 Trolox.100 g^{-1} em ACD. Assim, observa-se da mesma forma, diferença estatística nas médias gerais dos períodos, onde o primeiro período com a maior média igualou-se ao segundo, diferindo dos demais e o último e terceiro período apresentaram as menores médias. Na comparação dos sistemas houve uma diferenciação estatística entre AR, com a maior média, de AC com a menor média, porém a ACD manteve-se igual a ambos (Tabela 26).

Aumento na capacidade antioxidante foi observado em pêssegos das cultivares Douradão, Aurora, Biuti e Diamante (SANTOS et al., 2013) e pêssegos 'Harrow Diamond' (TSANTILI et al., 2010) durante o período de armazenamento. Santos (2011) observou um aumento da atividade antioxidante em pêssegos 'Diamante' e 'Granada' conforme houve a evolução de amadurecimento dos frutos. Diferenças na capacidade antioxidante são atribuídas principalmente à base genética, variabilidade sazonal e condições climáticas (GIL et al., 2002; DROGOUDI; TSIPOURIDIS, 2007; ANDREOTTI et al., 2008).

Tabela 26. Valores da atividade antioxidante em pêssego 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Atividade Antioxidante (AA) - mg Trolox.100 g^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	205,12 aA	208,15 aA	119,94 aB	138,14 abB	119,19 aB	158,10 a
Atmosfera Controlada	197,25 aA	175,2 bA	126,97 aB	122,99 bB	88,75 bC	142,23 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	192,10 aA	174,42 bA	98,69 bC	149,81 aB	138,32 aB	150,67 ab
Médias	198,16 A	185,92 A	115,20 C	136,98 B	115,42 C	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A variável carotenoides totais apresentou pouca variação de teores, mas apresentou diferença estatística, onde AR com teores médios superiores de 6,90 mg β-caroteno 100 g^{-1}, diferindo de AC e ACD com menores valores de 6,18 mg β-caroteno 100 g^{-1} e 6,11 mg β-caroteno 100 g^{-1}, respectivamente. Na comparação dos períodos de armazenamento verificou-se um aumento ao final do experimento, sendo em 60 dias a maior média de 7,14 mg β-caroteno 100 g^{-1}, diferindo de 0, 15 e 30 dias, mantendo-se semelhante a 45 dias (Tabela 27).

O tipo e disponibilidade de carotenoides em frutos e hortaliças podem ser previstos pela sua cor, pois vegetais amarelo-alaranjados são geralmente ricos em β-caroteno e α-caroteno (SAINI et al., 2015). O conteúdo de carotenoides de frutos e hortaliças pode ser afetado por uma série de fatores como: o grau de maturação, o tipo de solo e as condições de cultivo, as condições climáticas, a variedade, a parte da planta consumida, o efeito dos agrotóxicos, a exposição à luz solar, as condições de processamento e a estocagem (SILVA et al., 2014). Com o avanço da maturação, os frutos tendem a degradar a clorofila, e os carotenoides presentes e/ou sintetizados nos tecidos tornam-se visíveis. Porém, com a diminuição da temperatura ocorre redução no metabolismo e na atividade enzimática no vegetal responsável por essas transformações (CHITARRA; CHITARRA 2005). Ferrer-Mairal et al. (2012) encontraram uma estabilidade no conteúdo de carotenoides totais em diferentes cultivares de pêssego durante 45 dias de armazenamento em atmosfera controlada.

Tabela 27.Valores de carotenoides totais em pêssego 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Carotenoides Totais (CT) - mg β-caroteno 100 g^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	15	30	45	60	Médias
Atmosfera Refrigerada	6,22 aB	7,16 aAB	6,63 aB	6,08 aB	8,41 aA	6,90 a
Atmosfera Controlada	6,13 aAB	5,27 bB	6,0 aAB	6,89 aA	6,62 bAB	6,18 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	5,77 aA	6,35 abA	5,49 aA	6,54 aA	6,39 bA	6,11 b
Médias	6,04 B	6,26 B	6,04 B	6,50 AB	7,14 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A incidência de podridões foi demonstrada de forma descritiva, não sendo incluída na análise de variância, verificou-se que desde a primeira avaliação aos 15 dias já houve contagem de frutos podres. De modo geral, AC foi a condição que apresentou menor incidência de podridões, em contrapartida ACD teve um aumento muito expressivo de frutos com lesões, isso pode ter sido favorecido pela condição atmosférica ou por retenção de água dentro da microcâmara (Figura 28).

Geralmente, a redução da pressão parcial de O_2 resulta em menor ocorrência de podridões pelo efeito fungistático do baixo O_2 (NEUWALD, 2004). Entretanto, pelo fato das condições ultrabaixas de O_2 associadas ao estresse inicial, provavelmente, terem induzido a respiração anaeróbica, é possível que o acúmulo de produtos da fermentação tenha proporcionado algum dano às células, facilitando o ataque de fungos (KADER, 2002). Ceretta et al. (2010) e Weber et al. (2011) também encontraram maior porcentagem de podridões quando utilizaram nível de O_2 abaixo de 0,8 kPa.

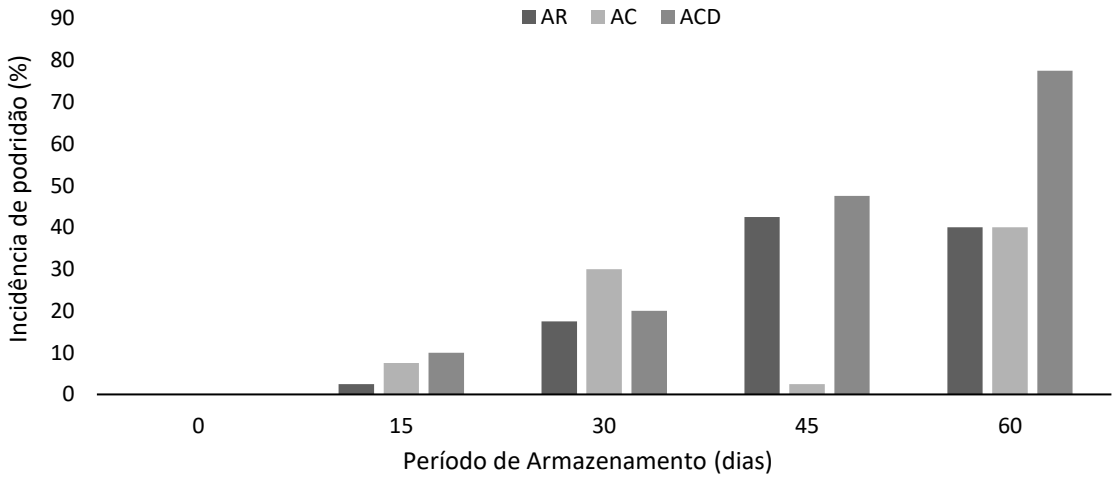

Figura 28. Incidência de podridões em pêssegos 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD em 0,15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Para a análise fatorial foram utilizadas 21 variáveis, com 14 fatores, o que possibilitou explicar 100% da variabilidade dos dados, porém, com três fatores observou-se mais de 80% da variabilidade, o que é considerado um nível aceitável de variância. As variáveis de maiores pesos estão nos primeiros fatores, sendo consideradas de maior importância para o estudo da diversidade dos dados, quando o autovalor explica uma fração considerável da variação disponível, normalmente limitada em valor mínimo de 80% (CRUZ, 2006). Em função disso, decidiu-se utilizar os três primeiros fatores, os quais apresentaram 82,79% de variação, onde as contribuições individuais foram 43,78%, 25,87% e 13,14% para fator 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 28).

Tabela 28. Autovalores, variância explicada e variância acumulada para os quatorze fatores que demonstram 100% da variabilidade das variáveis analisadas, em pêssegos 'Sensação' armazenados em AR, AC e ACD por 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS,2020.

Fatores	Autovalor	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1	9,1944	43,7827	43,7827
2	5,4331	25,8721	69,6548
3	2,7595	13,1404	82,7952
4	1,0881	5,1812	87,9764
5	0,8030	3,8236	91,8000
6	0,6119	2,9139	94,7139
7	0,4019	1,9138	96,6277
8	0,3289	1,5661	98,1938
9	0,1974	0,9399	99,1337
10	0,0998	0,4750	99,6087
11	0,0346	0,1647	99,7733
12	0,0274	0,1306	99,9040
13	0,0144	0,0686	99,9726
14	0,0058	0,0274	100

Na Tabela 29, são observadas as principais saturações fatorais das variáveis estudadas, com destaque para os valores que apresentaram os coeficientes de correlação com significância superior a 0,70 nos três fatores descritos.

O fator 1 foi o mais significativo para o experimento, pois explicou 43,78% da variabilidade total (Tabela 28), apresentando os coeficientes de correlação altos, superiores a 0,9, para as variáveis etileno (0,96), perda de massa (0,93) e firmeza de polpa (0,93), seguido de sólidos solúveis totais (0,89) e após com valores menores coordenada a*E (0,78) e coloração da epiderme °HueE (-0,75) (Tabela 29).

Para melhor visualização, os dados foram dispostos de forma gráfica, onde as variáveis que contribuíram positivamente no fator 1 estão dispostas no eixo das abscissas, em que as mais distantes do ponto zero foram etileno, PM, FP, SST e a*E, enquanto a única variável com contribuição negativa foi °HueE (Figura 29). Essas variáveis estão diretamente relacionadas com a qualidade e a evolução do amadurecimento dos frutos armazenadas, desencadeadas pelo aumento da ação do etileno, proporcionando perda de massa, consequentemente um aumento na firmeza de polpa devido à desidratação, ocasionando uma concentração dos açúcares (SST). Quanto aos parâmetros da cor da epiderme houve, de modo geral, uma tendência dos frutos a apresentarem coloração amarelo - alaranjado, sendo representados por valores negativos de °HueE e positivos da coordenada a*E. Na Figura 30, ao observar-se a distribuição das atmosferas, verifica-se que AR foi a que apresentou mais pontos distantes do eixo central, ponto de partida, sendo assim, a atmosfera mais afetada por esse fator. Quando analisada a distribuição dos dados nos períodos de armazenamento, na Figura 31, os maiores valores foram observados aos 60 dias (eixo positivo) e os menores valores no 0 dia (eixo negativo).

Tabela 29. Principais saturações fatoriais das variáveis de qualidade em cada fator da matriz fatorial rotada, em pêssegos 'Sensação' armazenados nas atmosferas AR, AC e ACD, por diferentes períodos 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Luminosidade da Epiderme (L*E)			-0,857
Coordenada a* da Epiderme (a*E)	0,783		
Coordenada b* da Epiderme (b*E)			-0,803
Coloração da Epiderme (°HueE)	-0,750		
Coloração da Polpa (°HueP)		0,735	
Sólidos Solúveis Totais (SST)	0,894		
Potencial Hidrogeniônico (pH)		-0,917	
Acidez Titulável (AT)		0,961	
SST/AT		-0,882	
Firmeza da Epiderme (FE)		0,903	
Firmeza de Polpa (FP)	0,933		
Perda de Massa (PM)	0,933		
Etileno	0,961		
Atividade Antioxidante (AA)		0,761	

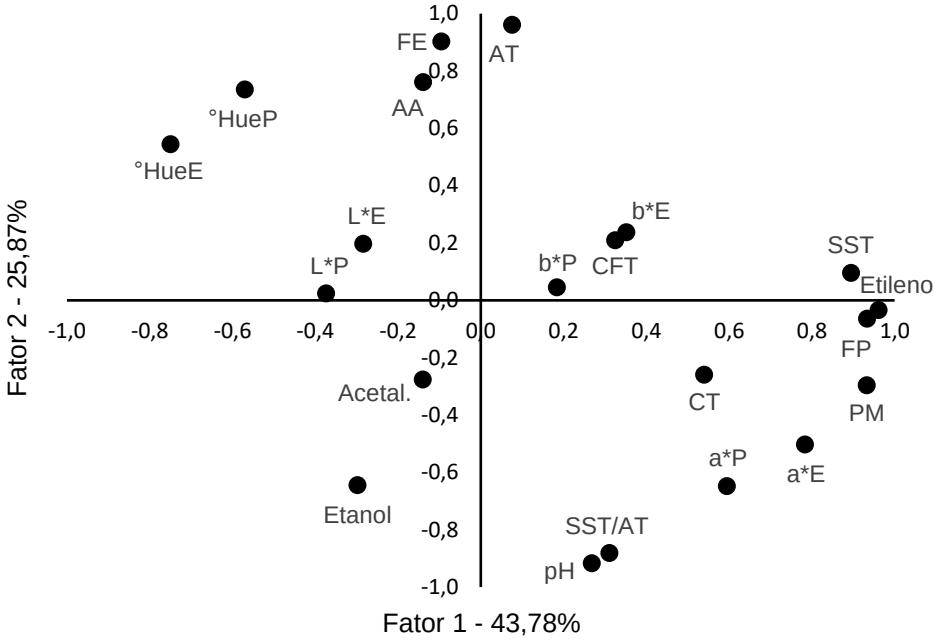

Figura 29. Representação gráfica da distribuição das variáveis analisadas nos pêssegos 'Sensação', armazenados em AR, AC e ACD, por 0, 15, 30, 45 e 60 dias, após rotação varimax ortogonal para os fatores 1 e 2. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS.

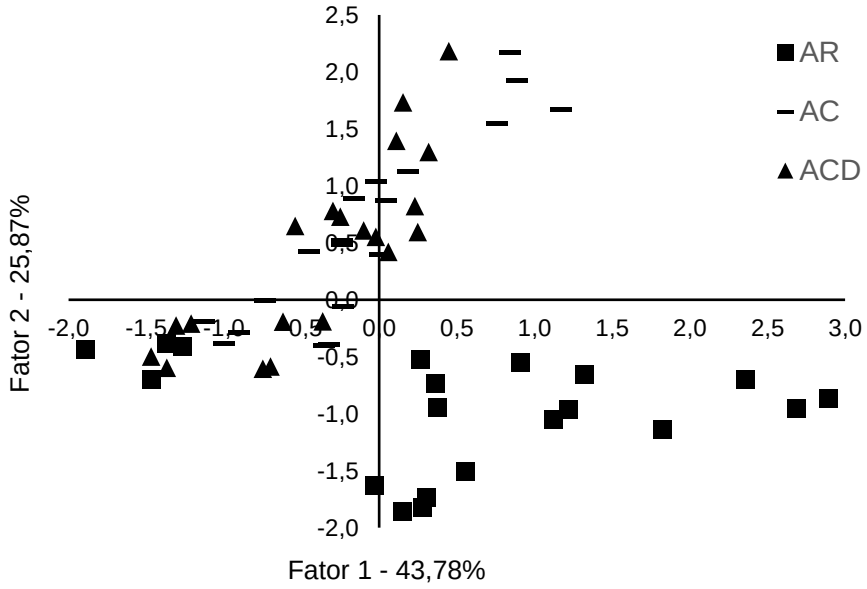

Figura 30. Representação gráfica das atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em pêssegos 'Sensação' provenientes de diferentes períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias), após rotação varimax ortogonal para os fatores 1 e 2. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.AR – Atmosfera Refrigera; AC – Atmosfera Controlada e ACD – Atmosfera Controlada Dinâmica.

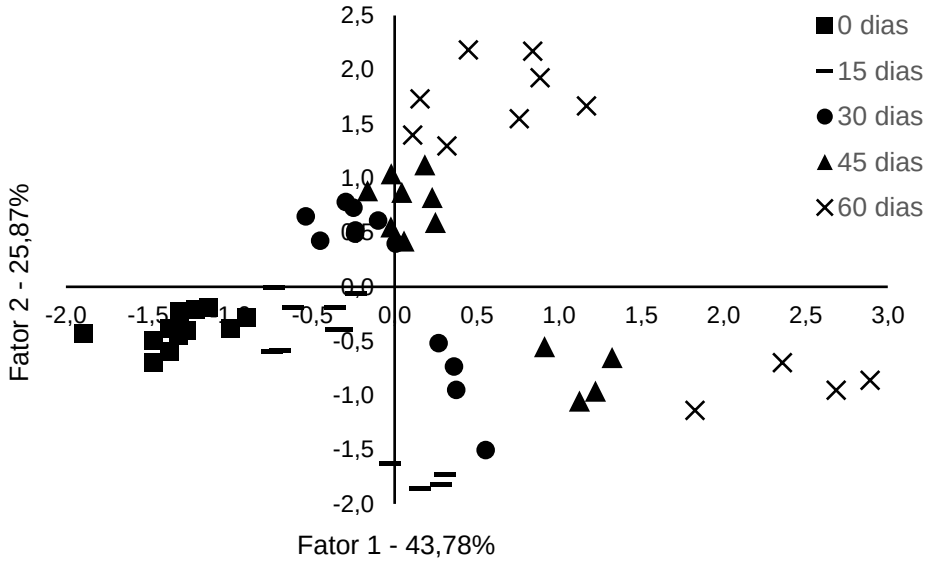

Figura 31. Representação gráfica dos períodos de armazenamento 0, 15, 30, 45 e 60 dias de pêssegos 'Sensação' provenientes de atmosferas de armazenamento refrigerada, controlada e controlada dinâmica, após rotação varimax ortogonal para fatores 1 e 2. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS.

O fator 2 apresentou uma variância explicada de 25,87% do total da variabilidade dos dados (Tabela 28), os coeficientes de correlação significativos foram para as variáveis acidez titulável (0,96), potencial hidrogeniônico (-0,91), firmeza da epiderme (0,90), relação SST/AT (-0,88), atividade antioxidante (0,76) e coloração da polpa (0,73) (Tabela 29). As variáveis AT e FE apresentaram as maiores contribuições positivas nesse fator, pois estão mais distantes do ponto central no eixo das ordenadas, enquanto que pH e SST/AT contribuíram negativamente (Figura 29). Esses dados estão condizentes com relação inversa de proporcionalidade entre pH e SST/AT com AT.

Na figura 30, foi possível verificar que as atmosferas AC e ACD apresentaram mais pontos no eixo positivo, enquanto AR manteve-se no eixo negativo. Isto confirma a melhor preservação da qualidade nos frutos armazenadas nos sistemas de AC e AD, comparadas com o sistema AR. Na analises dos períodos de armazenamentos verificou-se que 60 dias apresentou maior contribuição positiva, enquanto 15 dias apresentou-se de forma negativa, o que confirma a perda de qualidade na medida que avança o período de armazenamento. (Figura 31).

O fator 3 explica 13,14% da variabilidade total dos dados (Tabela 28), sendo que as variáveis que contribuíram significativamente para esse fator foram L*E (-0,85) e b*E (-0,80) (Tabela 29). Na representação gráfica na Figura 32, está demonstrada a distribuição das variáveis analisadas, onde L*E e b*E apresentam-se mais distantes

do ponto central do eixo da ordenadas, contribuindo de forma negativa no fator. A variável CT foi a que apresentou maior contribuição positiva, porém não apresentou significância ao nível do estudo (0,70). Na Figura 33, ao observar-se as atmosferas de armazenamento, de maneira geral, os tratamentos (AR, AC e ACD) tenderam a concentrar-se na origem do eixo, apenas alguns pontos de AR apresentaram distanciamento positivo do centro de origem do eixo das ordenadas. Em contrapartida, na análise gráfica dos períodos de armazenamento, houve uma tendência de agrupamento dos períodos analisados, onde 0 e 60 dias apresentaram-se nos quadrantes positivos e 15, 30 e 45 dias nos quadrantes negativos (Figura 34).

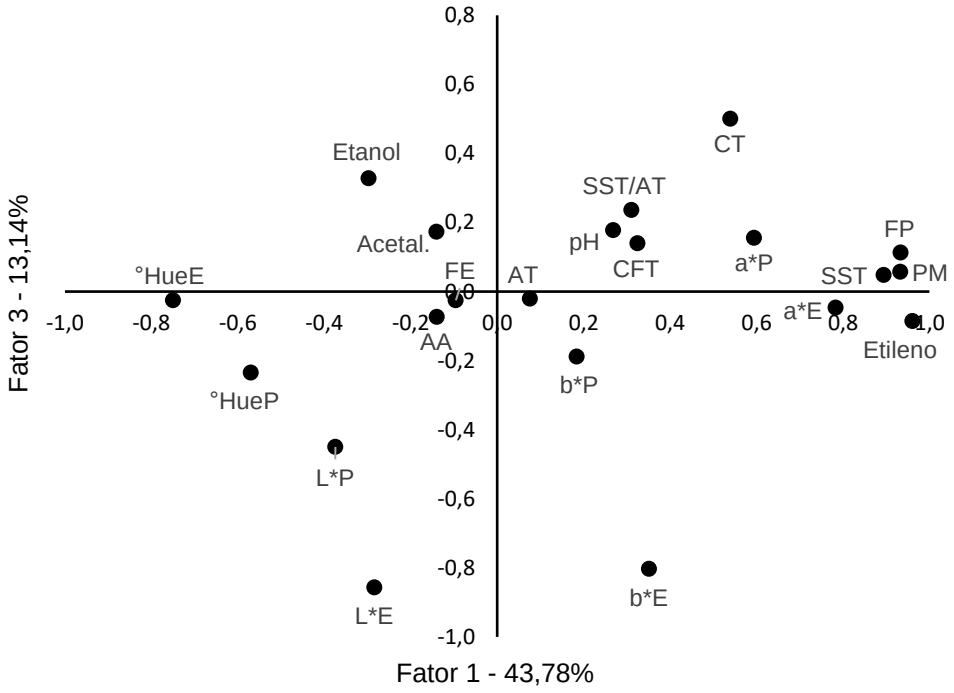

Figura 32. Representação gráfica da distribuição das variáveis analisadas nos pêssegos ‘Sensação’, armazenados em AR, AC e ACD, por 0, 15, 30, 45 e 60 dias, após rotação varimax ortogonal para os fatores 1 e 3. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS.

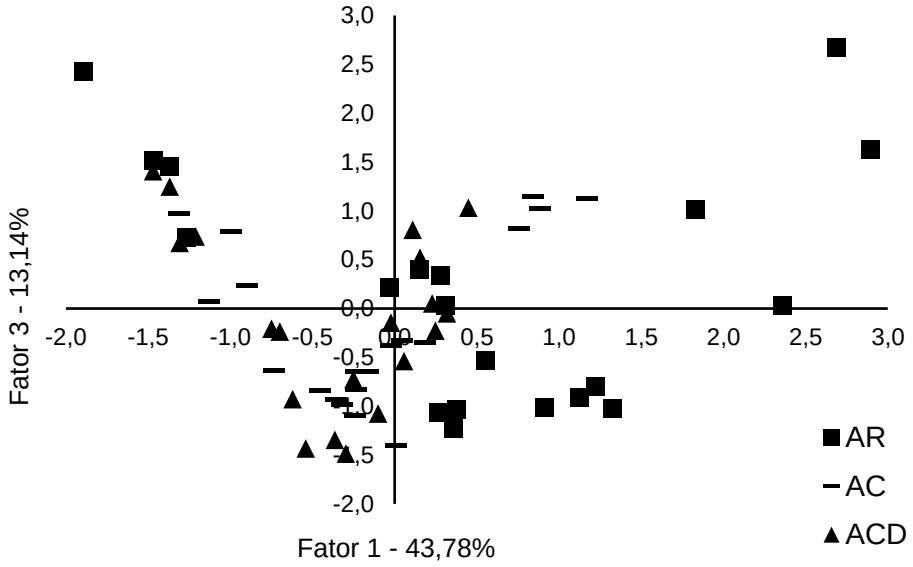

Figura 33. Representação gráfica das atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em pêssegos 'Sensação' provenientes de diferentes períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias), após rotação varimax ortogonal para os fatores 1 e 3. Embrapa Clima Temperado, Pelotas. AR- Atmosfera Refrigerada; AC-Atmosfera Controlada e Atmosfera Controlada Dinâmica.

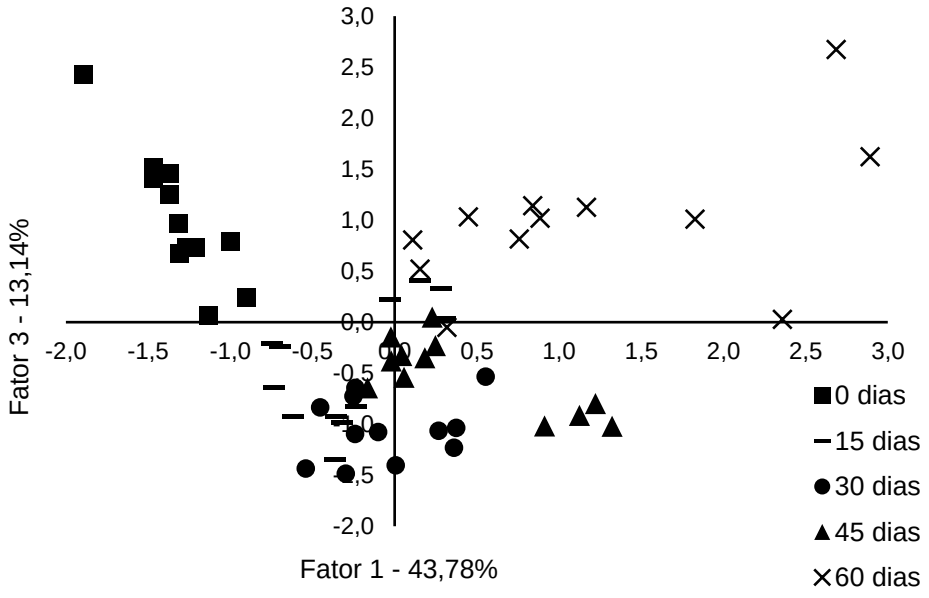

Figura 34. Representação gráfica dos períodos de armazenamento 0, 15, 30, 45 e 60 dias de pêssegos 'Sensação' provenientes de atmosferas de armazenamento refrigerada, controlada e controlada dinâmica, após rotação varimax ortogonal para fatores 1 e 3. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS.

4.3. Conclusões

Atmosfera controlada e controlada dinâmica reduzem o processo de amadurecimento dos pêssegos da cultivar 'Sensação', mantendo os parâmetros físico-químicos de qualidade durante o armazenamento em níveis aceitáveis para comercialização.

Contudo a atmosfera dinâmica se sobressai na manutenção dos parâmetros de coloração, enquanto atmosfera controla apresenta melhores resultados de incidência de podridões até os 60 dias. Os frutos de pêssego ‘Sensação’ ao serem submetidos ao estresse por baixo oxigênio respondem aos sensores de fluorescência.

A análise fatorial confirma o efeito benéfico da atmosfera controlada na manutenção da qualidade dos pêssegos ‘Sensação’ sendo as variáveis etileno, perda de massa, firmeza de polpa e sólidos solúveis totais as mais importantes neste estudo.

5. Experimento 3: Conservação de pêssego ‘Olímpia’ em sistema refrigerado convencional, atmosfera controlada e atmosfera controlada dinâmica

5.1. Material e Métodos

O estudo foi conduzido no laboratório e nas câmaras frias do setor de fisiologia de pós-colheita do Núcleo de Alimentos da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil. Os frutos de pêssego da cultivar Olímpia foram colhidas no ponto ideal de colheita “de vez”, oriundas de um pomar comercial do município de Canguçu (31° 23' 44''S e 52° 41' 11''O), região Sul do Rio Grande do Sul, da safra 2017-2018.

Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de atmosferas de armazenamentos diferenciados pelas concentrações oxigênio (O_2) e gás carbônico (CO_2) em diferentes períodos de armazenamento. A Atmosfera Refrigerado (AR) caracterizou-se pelas seguintes concentrações 20-21% O_2 + 0,03-1% CO_2, na Atmosfera Controlada (AC) as concentrações foram de 1%-2% O_2 + 10-11% CO_2 e na Atmosfera Controlada Dinâmica (ACD) as concentrações foram de 0,4-0,5% O_2 + 10-11% CO_2. A temperatura e a umidade relativa mantiveram-se homogêneas em todas as condições, sendo de 1 ºC e 90-95%, respectivamente. As mesmas foram controladas em tempo real através de software da empresa Garten.

O protocolo para esse armazenamento deu-se da seguinte forma: armazenamento inicial foi em 28/12/2017, no primeiro momento foram ajustadas as temperaturas e umidade relativa, no dia 30/12/2017 iniciou uma redução gradual do oxigênio e entre os dias 02/01/2018 e 03/01/2018 foi observado o pico de fluorescência, quando os teores de oxigênio estiveram entre 0,1%-0,2%, depois foram elevados em dois pontos percentuais o oxigênio, ficando entre 0,4%-0,5% e aumentando o CO_2 para 10 %-11 %, valores mantidos até o final do experimento. O

período inicial da baixa do oxigênio diferiu do segundo experimento, sendo nesse feito de forma mais rápida.

Os períodos de armazenamento distinguiram-se em: T1 – 0 dia (caracterização); T2 – 12 dias; T3 – 24 dias; T4 – 36 dias e T5 – 48 dias. Após a retirada dos frutos das câmaras frias, houve o acondicionamento a uma temperatura de 20ºC por 48h, para a simulação de vida útil, sendo posteriormente analisados.

As variáveis analisadas foram as seguintes: Parâmetros da cor (L*E, a*E, b*E, °HueE, L*P, a*P, b*P e °HueP); Sólidos Solúveis Totais (SST); Potencial Hidrogeniônico (pH); Acidez Titulável (AT); Relação Sólidos Solúveis Totais por Acidez Titulável (SST/ AT); Firmeza de Polpa (FP); Perda de Massa (PM); Etileno; Etanol; Acetaldeído (Acetal.); Compostos Fenólicos Totais (CFT); Atividade Antioxidante (AA); Carotenoides Totais (CT) e Incidência de Podridão (IP). A descrição das avaliações de cada variável já foi realizada nos experimentos anteriores.

O delineamento experimental desse estudo foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3 x 5 (3 sistemas de atmosfera de armazenamento x 5 períodos de armazenamento). A unidade experimental foi composta por 4 repetições de 15 frutos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente à comparação de médias pelo teste de Tukey ($p< 0,05$) e análise de regressão.

5.2. Resultados e Discussão

Nesse trabalho, foram avaliadas 21 variáveis resposta, onde 20 foram submetidas à análise de variância, dessas, seis não apresentaram significância estatística para interação sistemas de armazenamento x períodos de armazenamento, sendo elas L*E, L*P, b*P, AT, FP e CFT. Contudo, apenas a variável CFT não se apresentou significativa para nenhuma fonte de variação isolada, por isso, os dados não serão apresentados. Porém L*E, L*P, b*P e FP apresentaram significância para o período de armazenamento, enquanto AT apresentou significância de forma isolada para sistema e período de armazenamento. Os coeficientes de variação do estudo apresentaram o menor percentual de 1,25% em °HueE e o percentual mais elevado em PM de 27,46% (Tabela 30). O percentual de incidência de podridões foi uma variável descritiva.

Tabela 30. Análise de variância para os parâmetros físico-químicos (SST, pH, AT, SST/AT, FP, PM, L*E, a*E, b*E, °HueE, L*P, a*P, b*P e °HueP), cromatográficos (Etileno, Acetal. e Etanol) e fitoquímicos (CFT, AA e CT) de pêssego 'Olímpia' em diferentes sistemas e períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado. Pelotas - RS, 2020.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio						
		L*E	a*E	b*E	°HueE	L*P	a*P	b*P
Sistema Armaz. (SA)	2	6,19^{ns}	31,44*	8,38^{ns}	30,80*	34,16^{ns}	28,45*	14,64^{ns}
Períodos Armaz. (PA)	4	54,79*	27,38*	197,41*	22,33*	663,69*	51,22*	543,26*
SA x PA	8	3,81^{ns}	2,82*	11,46*	2,61*	45,85^{ns}	7,74*	17,68^{ns}
Resíduo	45	2,14	0,88	4,82	1,09	23,15	3,19	11,42
Total	59							
CV (%)		1,93	15,58	3,9	1,25	6,58	21,38	6,92
Média		75,97	6,02	56,34	83,91	73,12	8,35	48,83

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio						
		°HueP	SST	pH	AT	SST/AT	PM	FP
Sistema Armaz. (SA)	2	43,51*	13,92*	0,292*	0,053*	664,18*	397,46*	0,602^{ns}
Períodos Armaz. (PA)	4	193,43*	2,40*	0,244*	0,137*	695,76*	341,36*	40,05*
SA x PA	8	22,34*	1,59*	0,03*	0,009^{ns}	83,66*	36,28*	0,38^{ns}
Resíduo	45	7,98	0,31	0,007	0,004	30,13	5,07	0,28
Total	59							
CV (%)		3,54	3,34	2,25	12,13	16,49	27,46	7,78
Média		79,78	16,80	3,92	0,54	33,28	8,19	6,82

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		Acetal.	Etileno	Etanol	CFT	AA	CT
Sistema Armaz. (SA)	2	81,09*	3820,1*	268794,1*	275,40^{ns}	209,32^{ns}	23,18*
Períodos Armaz. (PA)	4	151,32*	20051,2*	557717,1*	389,80^{ns}	1673,29*	6,71*
SA x PA	8	25,29*	959,3*	52995,9*	468,59^{ns}	1234,93*	5,27*
Resíduo	45	0,97	33,87	4485,2*	259,10	483,48	1,60
Total	59						
CV (%)		20,66	10,49	25,56	7,94	17,08	15,05
Média		4,78	55,48	262,03	202,72	128,77	8,42

Variáveis: L*E = Luminosidade da Epiderme; a*E = coordenada a* da Epiderme; b*E = coordenada b* da Epiderme; °HueE = Coloração da Epiderme; L*P = Luminosidade da Polpa; a*P = coordenada a* da Polpa; b*P = coordenada b* da Polpa; °HueP = Coloração da Polpa; SST = Sólidos Solúveis Totais; pH: Potencial Hidrogeniônico; AT = Acidez Titulável; SST/AT = Relação Sólidos Solúveis Totais / Acidez Titulável; PM = Perda de Massa; FP = Firmeza de Polpa; Acetal.= Acetaldeído; CFT = Compostos Fenólicos Totais; AA = Atividade Antioxidante e CT = Carotenoides Totais. GL = Grau de Liberdade; CV = Coeficiente de Variação; ns = não significativo e * = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

A variável luminosidade da epiderme não apresentou diferença entre os sistemas de armazenamento, sendo influenciada pelos períodos, por isso, apresenta-se apenas a regressão linear nos dias de armazenamento, observando-se uma redução gradual ao longo dos dias de armazenamento, com valores apresentando variação de 78,17 a 73,06. Este resultado era esperado com a evolução do amadurecimento dos frutos (Figura 35). Em pêssegos 'Aurora-1' armazenados por 35 dias sob refrigeração (2°C) foi verificada a redução da luminosidade da epiderme de 73,52 para 69,08, corroborando com esse trabalho (CUNHA JÚNIOR et al., 2010).

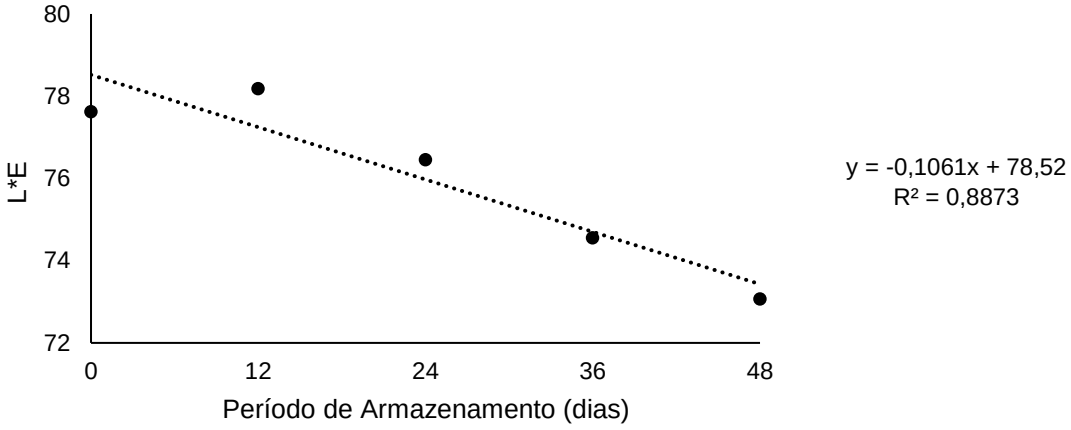

Figura 35. Luminosidade da epiderme de pêssegos 'Olímpia' em distintos períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A coordenada a* da epiderme para os três sistemas de armazenamento apresentou um comportamento semelhante, de forma quadrática, resultando numa elevação aos 12 e 24 dias e redução aos 36 e 48 dias, porém com valores maiores em AR (Figura 36). Na comparação de médias observou-se que AC e ACD a partir dos 24 dias mantiveram iguais diferindo de AR, assim como nas médias gerais, onde AR com 7,46 (maior média) diferiu de AC e ACD com as médias 5,42 e 5,18, respectivamente (Tabela 31). Essas médias maiores em AR demonstram que os frutos apresentaram ao final do experimento mais tons avermelhados na epiderme.

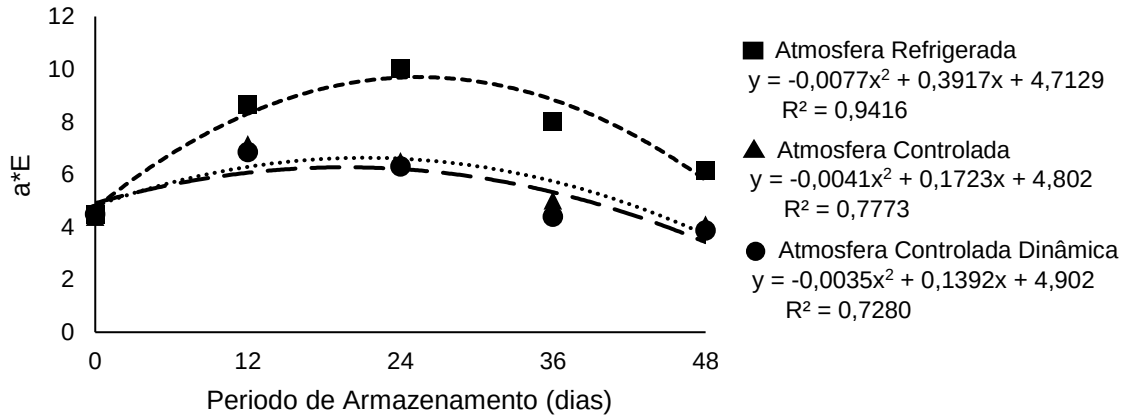

Figura 36. Coordenada a* da cor da epiderme (a*E) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 31. Valores da coordenada a* da cor da epiderme (a*E) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Coordenada a da cor da Epiderme (a*E)					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	4,48 a	8,65 a	10,04 a	8,01 a	6,13 a	7,46 a
Atmosfera Controlada	4,39 a	7,14 a	6,50 b	5,01 b	4,09 b	5,42 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	4,49 a	6,85 b	6,31 b	4,39 b	3,87 b	5,18 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para a coordenada b*E, observou-se significância para interação entre SA x PA e o para o período de armazenamento isoladamente (Tabela 30), com isso, não houve diferença estatística nas médias gerais entre os sistemas de armazenamento. No entanto, na Figura 37 verificou-se que em todos os sistemas a tendência foi a redução ao longo dos dias, onde os valores no dia 0 foram 58,82, 59,73 e 60,52 e aos 48 dias foram 52,21, 47,65, e 53,35 para AR, AC e ACD, respectivamente.

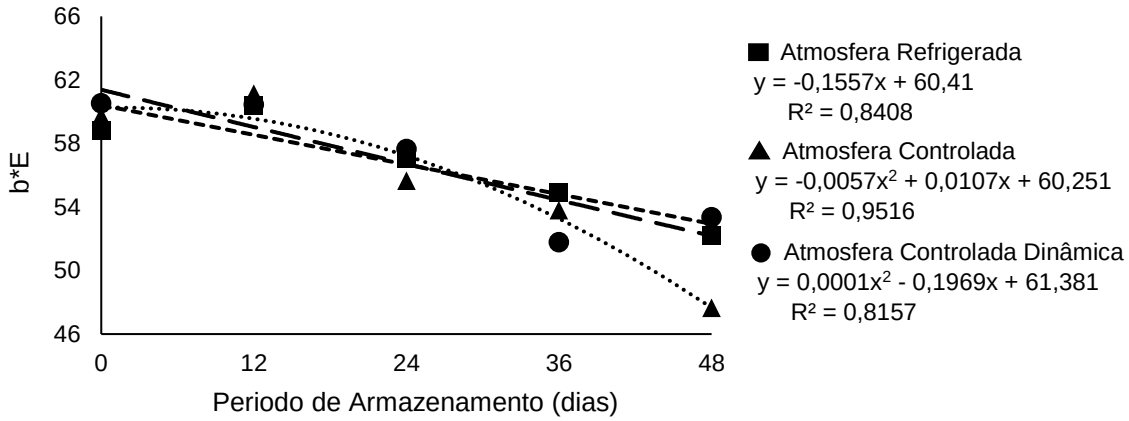

Figura 37. Coordenada b* da cor da epiderme (b*E) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A coloração (tonalidade) da epiderme em °Hue apresentou as maiores transformações no sistema AR com uma tendência de redução durante o armazenamento onde no dia 0 foi 85,66°Hue e aos 48 dias foi 83,29°Hue, enquanto em AC e ACD houve pouca alteração na coloração, fato também demonstrado nas médias gerais, onde AR com média de 82,49°Hue diferiu estatisticamente de AC e ACD com 84,44 e 84,79, respectivamente (Figura 38 e Tabela 32). Demonstrando

assim que AC e ACD retardaram de forma mais significativa as mudanças na coloração da epiderme, enquanto AR apresentou mais mudanças verde - amarelado para amarelo – alaranjado. Segundo Sasaki (2009), a redução nos valores de ângulo de cor indica que a cor de fundo da casca passou de coloração verde para amarelo, sinalizando que ocorreu amadurecimento dos frutos. Girardi et al. (2000) relatam que a alteração na coloração dos frutos é uma das principais mudanças que ocorrem no amadurecimento devido à degradação da clorofila (redução nos valores °hue) e síntese de outros pigmentos, como antocianinas e carotenoides.

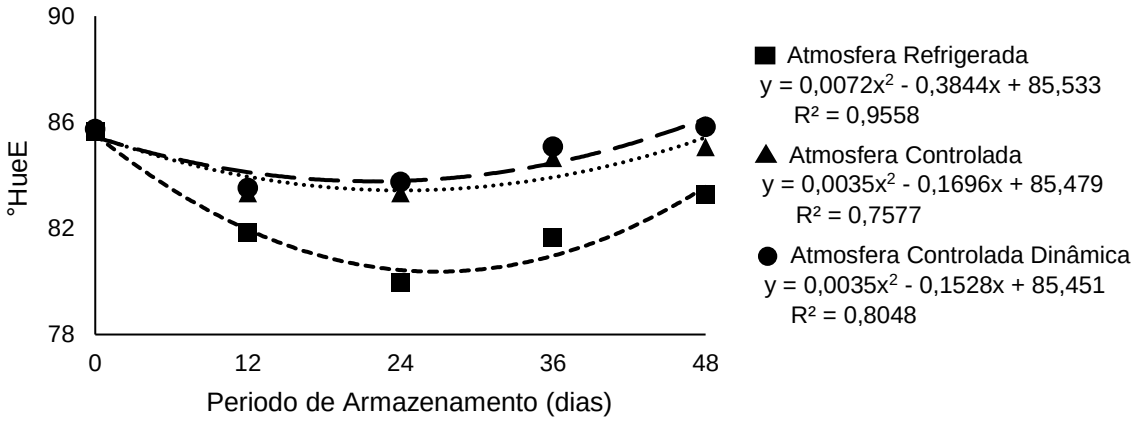

Figura 38. Coloração da epiderme (°HueE) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 32. Valores da coloração da epiderme (°HueE) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Coloração da Epiderme (°HueE)					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	85,66 a	81,85 a	79,98 b	81,67 b	83,29 b	82,49 b
Atmosfera Controlada	85,80 a	83,34 a	83,34 a	84,66 a	85,08 ab	84,44 a
Atmosfera Controlada Dinâmica	85,75 a	83,53 a	83,76 a	85,09 a	88,23 a	84,79 a

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A luminosidade da polpa não apresentou significância para os sistemas de armazenamento, com isso não houve diferença entre os sistemas, mas houve uma redução gradual ao longo do período de armazenamento, os valores máximos ao 0 dia estavam próximos a 80 e aos 48 dias próximos à 60 (Figura 39). Isso representou uma grande variação, pois a medida que os valores se distanciam de 100, demonstram que estão escurecendo, foi o que aconteceu nesse trabalho aos 48 dias,

em que se observou a polpa das frutos completamente escurecidas. Isso pode ter ocorrido em decorrência do armazenamento ou por ser uma característica especifica dessa cultivar. Segundo Raseira et al. (2014), a cv. ‘Olímpia’ apresenta a polpa amarelo-escura e oxida com relativa facilidade. A variável L*P é um eficiente indicador do escurecimento de frutos durante o armazenamento, podendo ser resultante de reações oxidativas de escurecimento, ou do aumento da concentração de pigmentos (ROCHA; MORAIS, 2003).

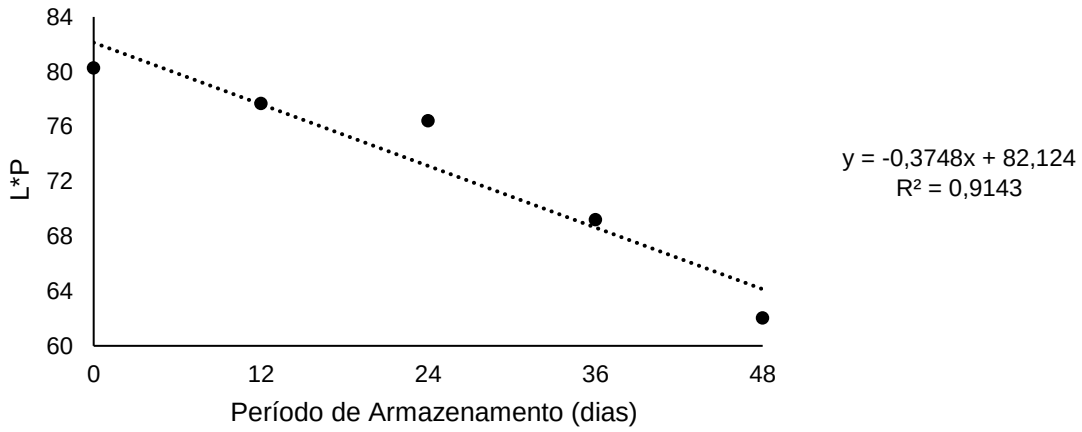

Figura 39. Luminosidade da polpa de pêssegos ‘Olímpia’ em diferentes períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A coordenada a*P apresentou comportamento linear em AR e quadrático em AC e ACD, todos com tendência de aumento no decorrer do período de armazenamento, as maiores diferenças entre o primeiro período de armazenamento e o último foram em AC com 6,26 no dia 0 e 13,54 aos 48 dias e em AR com 7,12 no dia 0 e 12,90 aos 48 dias (Figura 40).

Quando os sistemas de armazenamento foram comparados para a coordenada a*P verificou-se que AR diferiu estatisticamente dos demais com a maior média de 9,64 (Tabela 33). Esses resultados demonstram que houve um aumento das tendências de cores vermelhas, porém o sistema ACD foi o que mais retardou essa alteração.

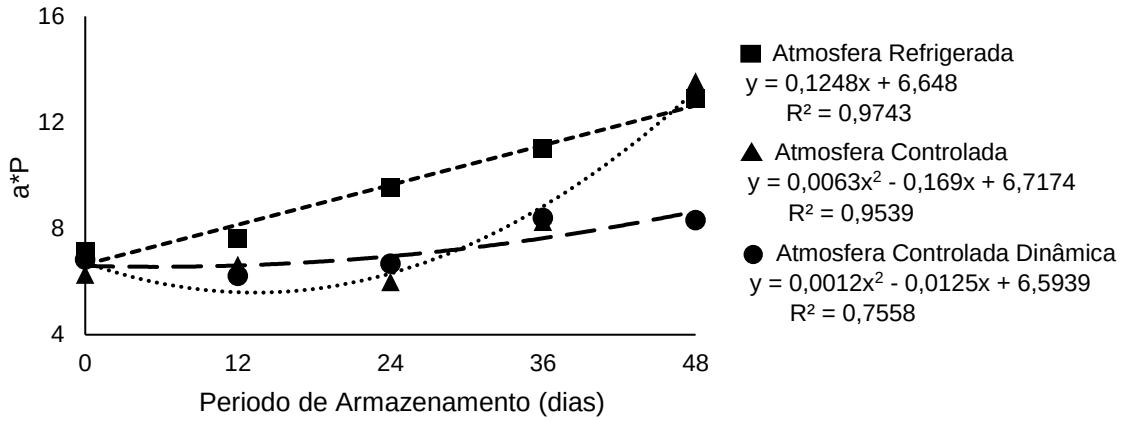

Figura 40. Coordenada a* da cor da polpa (a*P) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 33. Valores da coordenada a* da cor da polpa (a*P) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Coordenada a* da cor da Polpa (a*P)					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	7,12 a	7,62 a	9,54 a	11,03 a	12,90 a	9,64 a
Atmosfera Controlada	6,26 a	6,62 a	5,98 b	8,25 a	13,54 a	8,13 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	6,83 a	6,22 a	6,68 ab	8,39 a	8,31 b	7,29 b

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A coordenada b*P apresentou o mesmo comportamento da variável L*P, não diferindo entre os sistemas de armazenamento e não sendo significativa para interação SA X PA, apresentando significância apenas para o período de armazenamento. Através da regressão linear observa-se a redução dos valores de b* com o avanço dos dias de armazenamento (Figura 41).

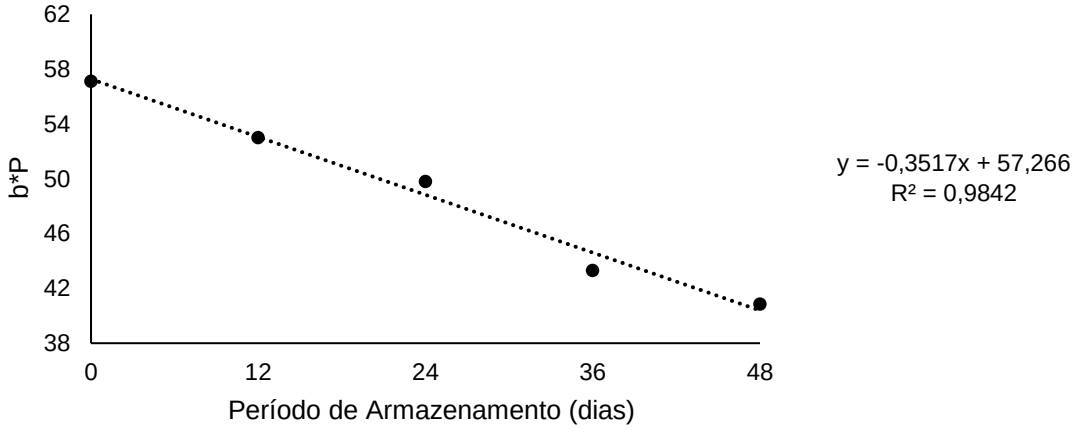

Figura 41. Coordenada b* da polpa de pêssegos 'Olímpia' em distintos períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

A coloração (tonalidade) da polpa em °Hue, nos três sistemas de armazenamento apresentou a tendência de redução ao comparar-se o primeiro período com o último período de armazenamento, com valores iniciais de 82,89°Hue em AR, 83,60°Hue em AC e 83,27°Hue para ACD e valores finais de 72,21°Hue, 68,57°Hue e 79,2°Hue em AR, AC e ACD, respectivamente. Ao compararem-se as médias, verificou-se ACD, apresentou a maior média, diferindo estatisticamente de AR e mantendo-se semelhante a AC. Com isso, pode-se inferir que a atmosfera controlada dinâmica foi o sistema que retardou mais efetivamente as mudanças na coloração da polpa (Figura 42 e Tabela 34). Entretanto ressalta-se a presença do escurecimento interno aos 48 dias praticamente na totalidade dos frutos.

Em algumas cultivares de pêssego quando armazenadas por longos períodos a baixas temperaturas comumente apresentam o aparecimento de injúrias pelo frio (*chilling injury*- CI), cujos principais sintomas são o escurecimento da polpa e cavidade da semente (*internal brownig*) e a lanosidade (*woolliness*) (KLUGE et al., 1998; ZHOU et al., 2000). O escurecimento da polpa trata-se de um distúrbio fisiológico proveniente de mudanças na integridade e na permeabilidade das membranas celulares, as quais modificam o metabolismo celular e reduzem a atividade normal das enzimas ligadas às membranas, sobretudo as oxidativas. A alteração na coloração da polpa se deve a danos causados às células por produtos intermediários tóxicos, acumulados durante a frigoconservação, e à oxidação dos compostos fenólicos, causada principalmente devido ao aumento na atividade da enzima polifenoloxidase (KLUGE et al., 2002).

Tais distúrbios são geneticamente influenciados e desencadeados por uma combinação de temperatura e duração do período de armazenamento. O tamanho do fruto, a atmosfera de armazenamento e a temperatura têm efeitos significativos no desenvolvimento dos sintomas de CI no pêssego e na nectarina (CRISOSTO et al., 2009). No geral, distúrbios fisiológicos devido ao armazenamento a frio prolongado são questões-chave que limitam o potencial de armazenamento de frutos de pêssego a somente algumas semanas. Em todas as cultivares suscetíveis, o sabor é perdido antes dos sintomas visuais de escurecimento ficarem evidentes (MANGANARIS; CRISOSTO, 2020), de maneira geral esse sintoma acaba sendo percebido no final da cadeia pelo consumidor.

As cultivares diferem em relação à susceptibilidade de desenvolver escurecimento da polpa. Além disso, o ponto de colheita (FERNÁNDEZ-TRUJILLO et al., 1998), a aplicação de AVG (JU et al., 1999) e as condições de armazenamento

utilizadas (CERETTA et al., 2000; BRACKMANN et al., 2005) afetam significativamente a incidência e a severidade desse distúrbio fisiológico.

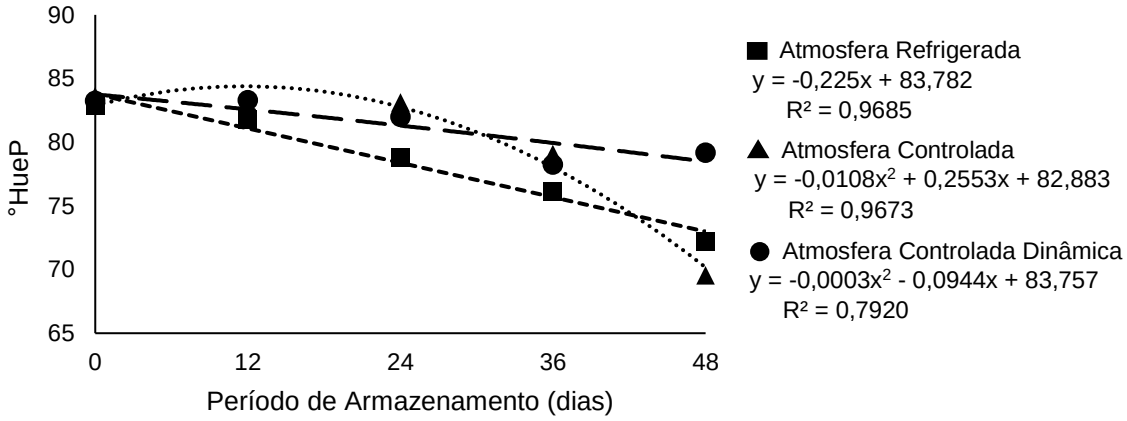

Figura 42. Coloração da polpa (°HueP) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 34. Valores da coloração da polpa (°HueP) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Coloração da Polpa (°HueP)					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	82,89 a	81,82 a	78,81 a	76,18 a	72,21 b	78,38 b
Atmosfera Controlada	83,60 a	82,83 a	83,13 a	79,10 a	69,57b	79,65 ab
Atmosfera Controlada Dinâmica	83,27 a	83,32 a	82 55 a	78,27 a	79,2 a	81,21 a

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os sólidos solúveis totais apresentaram um comportamento quadrático para todos os sistemas de armazenamento, contudo no AR foi verificada a maior evolução dos teores de SST, onde no dia 0 foi de 16,15°Brix e aos 48 dias de 18,35°Brix, porém em AC e ACD houve pouca alteração nesses teores, com valores iniciais de 15,90°Brix em AC e 16,30°Brix em ACD para valores finais de 15,55°Brix e 15,92°Brix para AC e ACD, respectivamente. As médias gerais corroboram este comportamento mostrando a diferença estatística entre AR com média mais elevada que os valores de AC e ACD (Figura 43 e Tabela 35). Em geral, o teor de sólidos solúveis do fruto aumenta durante o amadurecimento (KHAN et al., 2018), através de processos de biossíntese ou degradação de polissacarídeos, até um ponto em que o fruto passa a utilizar essa reserva de açúcares para manter sua atividade metabólica (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

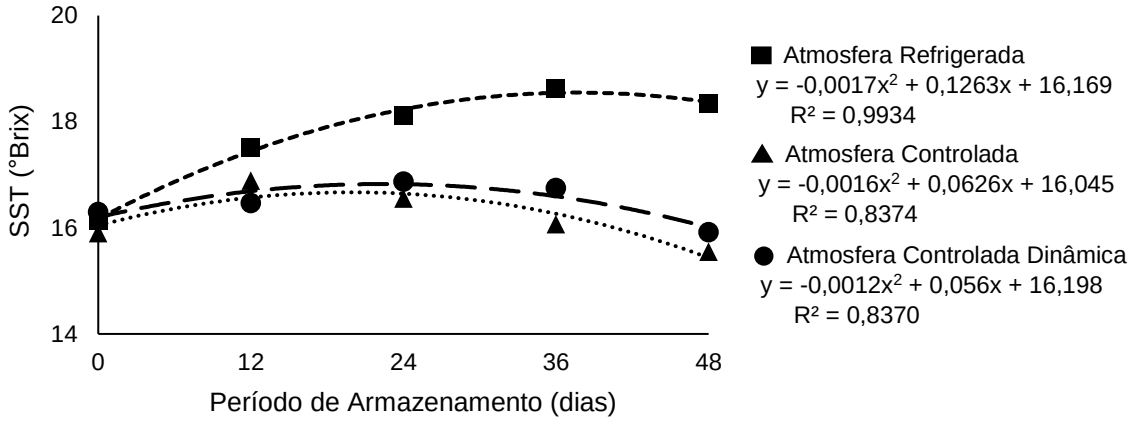

Figura 43. Sólidos solúveis totais (SST) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 35. Valores dos sólidos solúveis totais (SST) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Sólidos Solúveis Totais (SST) - °Brix					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	16,15 a	17,52 a	18,12 a	18,62 a	18,35 a	17,75 a
Atmosfera Controlada	15,90 a	16,89 a	16,55 b	16,07 b	15,55 b	16,19 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	16,30 a	16,47 b	16,87 b	16,75 b	15,92 b	16,46 b

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os teores do potencial hidrogeniônico com o passar dos dias de armazenamento apresentaram o comportamento esperado durante o amadurecimento dos frutos, aumentando de forma linear, com as maiores mudanças em AR, valores iniciais de 3,91 e finais de 4,40. Os sistemas AC e ACD com as menores médias de 3,88 e 3,83 diferiram estatisticamente de AR com maior média de 4,06 (Figura 44 e Tabela 36). Segundo Silva (2013), isto ocorre devido à maturação e senescência dos frutos durante a armazenagem destas, assim os frutos consomem os ácidos no processo de respiração alterando o valor do pH.

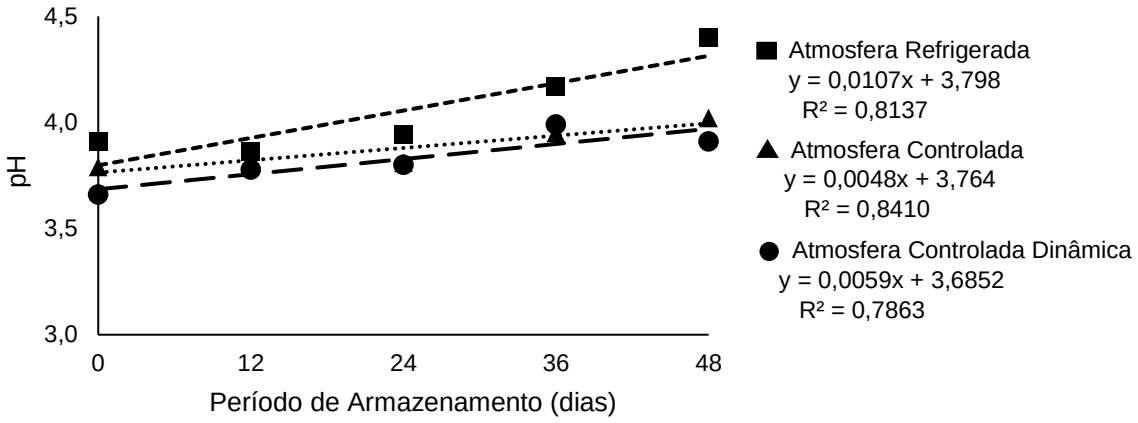

Figura 44. Potencial hidrogeniônico (pH) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 36. Valores do potencial hidrogeniônico (pH) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Potencial hidrogeniônico (pH)					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	3,91 a	3,86 a	3,94 a	4,17 a	4,40 a	4,06 a
Atmosfera Controlada	3,79 a	3,83 a	3,81 a	3,95 b	4,02 b	3,88 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	3,66 b	3,78 a	3,80 a	3,99 b	3,91 b	3,83 b

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A acidez titulável não apresentou significância para interação do estudo SA X PA, mas mostrou-se significativa para os fatores isoladamente, com isso, os resultados apresentaram-se da seguinte forma uma redução linear durante os períodos de armazenamento onde os valores iniciaram em 0,67% ác. cítrico e terminaram em 0,41% ácido cítrico. Nas médias gerais a atmosfera refrigerada apresentou menor média de 0,48% ácido cítrico, diferindo de AC e ACD, com médias de 0,57% ácido cítrico e 0,56% ácido cítrico, respectivamente. A redução nos teores de acidez é esperada durante o armazenamento dos frutos e os sistemas controlados AC e ACD reduziram essas transformações, promovendo maior estabilidade na acidez (Figura 45 e Tabela 37). A acidez titulável nos frutos de caroço tende a diminuir durante o amadurecimento dos frutos (KHAN et al., 2018). A diminuição da AT durante o armazenamento refrigerado de frutos é causada pelo consumo de ácidos orgânicos como substratos para as atividades respiratórias (KUMAR et al., 2017). Os frutos com menor valor de acidez titulável (menos de 1%) durante o amadurecimento podem atingir alta aceitação do consumidor (CRISOSTO et al., 2004; DELGADO et al., 2013),

como a cultivar em estudo ‘Olímpia’, que apresenta teores altos de SST e baixos de AT.

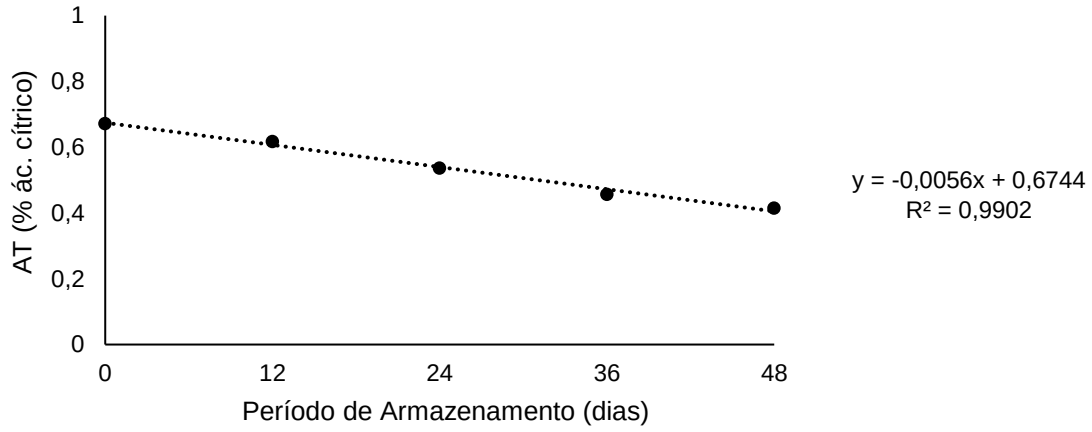

Figura 45. Acidez titulável de pêssegos ‘Olímpia’ em distintos períodos de armazenamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 37. Valores de acidez titulável (AT) em pêssego ‘Olímpia’ armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Acidez Titulável (AT) - % ácido cítrico					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	0,642	0,558	0,455	0,404	0,345	0,481 b
Atmosfera Controlada	0,672	0,703	0,567	0,533	0,403	0,576 a
Atmosfera Controlada Dinâmica	0,702	0,591	0,590	0,434	0,498	0,563 a

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A relação entre sólidos solúveis totais/ acidez titulável apresentou comportamento semelhante ao SST e inverso ao AT, conforme esperado durante o amadurecimento, os três sistemas resultaram em um comportamento de elevação dos teores dessa relação. Os valores mais elevados, assim como a maior diferença entre o primeiro e o último período foram observados em AR, com 25,29 no dia 0 e 53,51 aos 48 dias. Na comparação de médias, AC e ACD diferiram com as menores médias de AR, corroborando com variáveis anteriores que demonstram que os sistemas onde houve redução de oxigênio, consequentemente houve a redução da evolução do amadurecimento (Figura 46 e Tabela 48). Segundo Valero e Serrano (2010), a razão entre o teor de sólidos solúveis totais e a acidez titulável (SST/AT), em vez de qualquer um deles isoladamente, é um melhor indicador de aceitação do consumidor. Pêssegos

com alto teor de SST (mínimo de 11%) e baixo AT (menos de 0,7%) mantêm alta aceitação do consumidor (CRISOSTO; DAY, 2012).

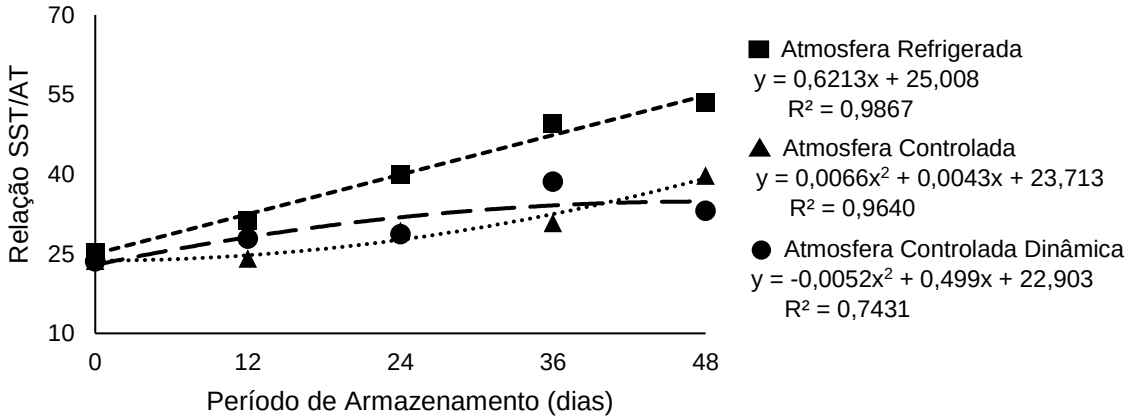

Figura 46. Relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 38. Valores da relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Relação SST/AT					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	25,29 a	31,39 a	39,90 a	49,50 a	53,51 a	39,92 a
Atmosfera Controlada	23,73 a	24,13 a	29,31 b	30,84 b	39,76 b	29,55 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	23,56 a	27,88 a	28,71 b	38,59 b	33,13 b	30,37 b

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Na perda de massa (PM), as atmosferas controlada e controlada dinâmica apresentaram resultados semelhantes com tendência a aumento durante os dias de armazenamento, mas mantendo a PM inferior a 10% aos 48 dias. Em AR a tendência durante os períodos também foi de aumento, porém com percentuais superiores à 20% aos 36 e 48 dias, percentuais considerados muito elevados. O sistema AR com média geral de 13,33% diferiu estatisticamente de AC com 5,31% e ACD com 5,94% (Figura 47 e Tabela 39). Resultados semelhantes foram descritos nos experimentos anteriores com pêssego 'Jubileu' e 'Sensação'.

A perda de massa deve-se principalmente à perda cumulativa do teor de água do fruto (CRISOSTO; VALERO, 2008), estando relacionado à respiração e à transpiração, nas quais a água se difunde através de estômatos, lenticelas e outras

aberturas da superfície do fruto (LARA et al., 2014). Em alguns frutos, como pêssegos e nectarinas, a perda de aproximadamente 5-8% do teor de água (com base no peso na colheita) é suficiente para causar murchamento (CRISOSTO; DAY, 2012).

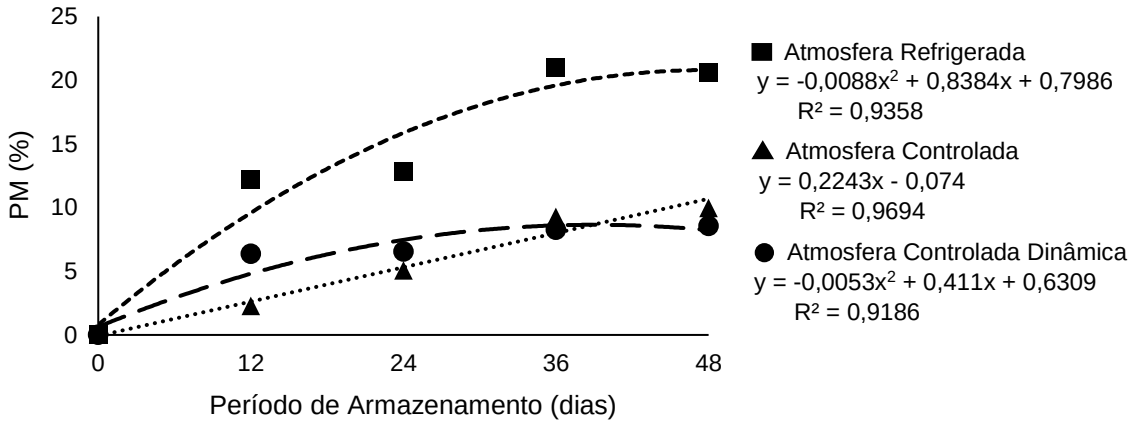

Figura 47. Perda de massa (PM) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 39. Valores da perda de massa (PM) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Perda de Massa (PM) - %					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	0,0 a	12,20 a	12,83 a	21,02 a	20,58 a	13,33 a
Atmosfera Controlada	0,0 a	2,26 c	5,07 b	9,25 b	9,96 b	5,31 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	0,0 a	6,37 b	6,55 b	8,25 b	8,55 b	5,94 b

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os teores da produção de etileno foram analisados com o teste de comparação de médias (Tabela 40). As regressões não foram apresentadas devido aos ajustes quadrático ou linear apresentarem coeficientes de determinação considerados baixos. Os teores de etileno apresentaram um pico de elevação aos 12 dias nos três sistemas de armazenamento, essa elevação não se justificaria, visto que os frutos estavam submetidos à redução de temperatura e os sistemas controlados à redução de oxigênio, o que diminuiria a taxa respiratória e a produção de etileno. Seria necessária a repetição de experimento para descartar algum possível erro de laboratório, visto que no experimento anterior os resultados de etileno não seguiram esse padrão. Contudo, ao observarmos os períodos 24, 36 e 48 dias verificou-se que ACD com os respectivos valores de 10,91µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}, 21,36µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1} e 19,93µL C_2H_4

kg^{-1} h^{-1} manteve os menores níveis de etileno diferindo de AR com os seguintes teores 32,25µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}, 59,94µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1} e 79,12µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}.

O etileno é um composto volátil de dois carbonos, que é produzido endogenamente e que em concentrações muito baixas, em torno de 0,1 µL L^{-1}, pode induzir uma série de respostas fisiológicas, como o amadurecimento e a senescência (WATADA, 1986). A utilização da técnica de AC possibilita reduzir a taxa respiratória e produção de etileno dos frutos, conservando assim as características físico-químicas como acidez titulável, coloração da epiderme, sólidos solúveis, firmeza de polpa, além de reduzir a ocorrência de distúrbios fisiológicos (BRACKMANN et al., 2012; WEBER et al., 2013). Entretanto, em algumas cultivares de pêssegos e nectarinas a inibição do etileno pode causar injúria por frio, reduzindo a qualidade dos frutos e a aceitabilidade pelo consumidor (LURIE; CRISOSTO, 2005).

Tabela 40. Valores de etileno em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Etileno - µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	44,53 bD	141,24 aA	32,25 aE	59,94 aC	79,12 aB	71,42 a
Atmosfera Controlada	52,51 abB	106,01 cA	16,30 bD	27,4bCD	31,72 bC	46,79 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	59,94 aB	128,99 bA	10,91 bC	21,36 bC	19,93 cC	48,23 b
Médias	52,32 B	125,41 A	19,82 E	36,24 D	43,59 C	

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O armazenamento de frutos em pressões parciais excessivamente baixas de oxigênio pode causar respiração anaeróbica com produção de compostos voláteis como acetaldeído e etanol (PESIS, 2005; SAQUET; STREIF, 2008), que influenciam no aroma e são capazes de retardar e inibir a produção de etileno, interferindo diretamente na manutenção da qualidade dos frutos.

A produção de acetaldeído durante os períodos de armazenamento apresentou um comportamento quadrático nos três sistemas de armazenamento, com as maiores elevações em atmosfera controlada e controlada dinâmica, em comparação com AR, os valores iniciais (0 dia) foram de 1,13µL L^{-1}, 0,99µL L^{-1} e 1,34µL L^{-1} e finais (48 dias) foram de 3,20µL L^{-1}, 13,18µL L^{-1} e 13,79µL L^{-1} em AR, AC e ACD, respectivamente.

Na comparação das médias, AR com o menor valor de 2,48μL L^{-1} diferiu estatisticamente de AC com 6,24μL L^{-1} e ACD com 5,66μL L^{-1} (Figura 48 e Tabela 41).

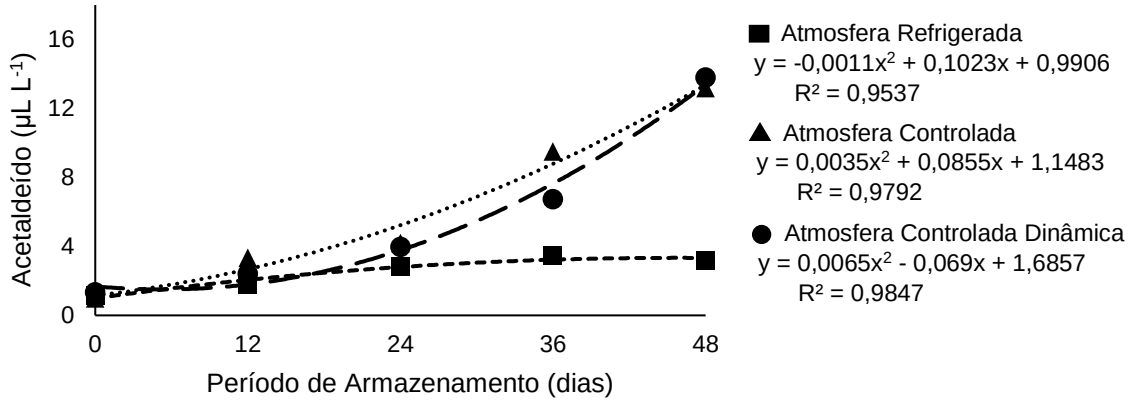

Figura 48. Acetaldeído em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 41. Valores de acetaldeído (Acetal.) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Acetaldeído (Acetal.) - μL L^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	1,13 a	1,77 a	2,83 a	3,48 c	3,20 b	2,48 b
Atmosfera Controlada	0,99 a	3,34 a	4,20 a	9,50 a	13,18 a	6,24 a
Atmosfera Controlada Dinâmica	1,34 a	2,42 a	3,98 a	6,75 b	13,79 a	5,66 a

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Na variável etanol, foram observados resultados de aumento nos teores nos três sistemas de armazenamento, porém de maneira mais expressiva em AC e ACD, o que era esperado devido às reduções de oxigênio nesses sistemas. Em AR o comportamento foi de aumento linear iniciando em 14,44μL L^{-1} no dia 0 e finalizando com 235,92μL L^{-1} em 48 dias, porém em AC e ACD o comportamento foi quadrático com valores no dia 0 de 8,41μL L^{-1} e 15,92μL L^{-1} um pico de aumento aos 36 dias de 791,77μL L^{-1} e 681,88μL L^{-1} terminando aos 48 dias com 440,93μL L^{-1} e 430,10μL L^{-1}, respectivamente. Nas médias, AR diferiu de AC e ACD que apresentaram as maiores médias (Figura 49 e Tabela 42).

Saquet et al. (2000) e Saquet et al. (2003) afirmam que, em condições de armazenamento que induzem ao escurecimento da polpa de maçãs e peras, a ocorrência deste distúrbio fisiológico pode ser decorrente da redução no metabolismo

energético e no conteúdo de fosfolipídios, com consequente descompartimentalização das estruturas intracelulares (VELTMAN et al., 2003). Segundo Peppelenbos (1996), alguns trabalhos têm demonstrado que a ocorrência de distúrbios fisiológicos está diretamente relacionada com o metabolismo fermentativo. Nesta situação, ocorre uma indução da respiração anaeróbica e a formação e o acúmulo de etanol e acetaldeído, os quais são compostos tóxicos que podem desencadear o escurecimento da polpa dos frutos e o desenvolvimento de aroma e sabor alcoólico (PEPPELENBOS, 1996; SAQUET et al, 2000).

Entretanto, nesse experimento é possível que o distúrbio fisiológico que ocasionou o escurecimento da polpa, não esteja relacionado ao aumento da produção de etanol e acetaldeído, produtos da fermentação, uma vez que os frutos de AR também apresentaram essa característica.

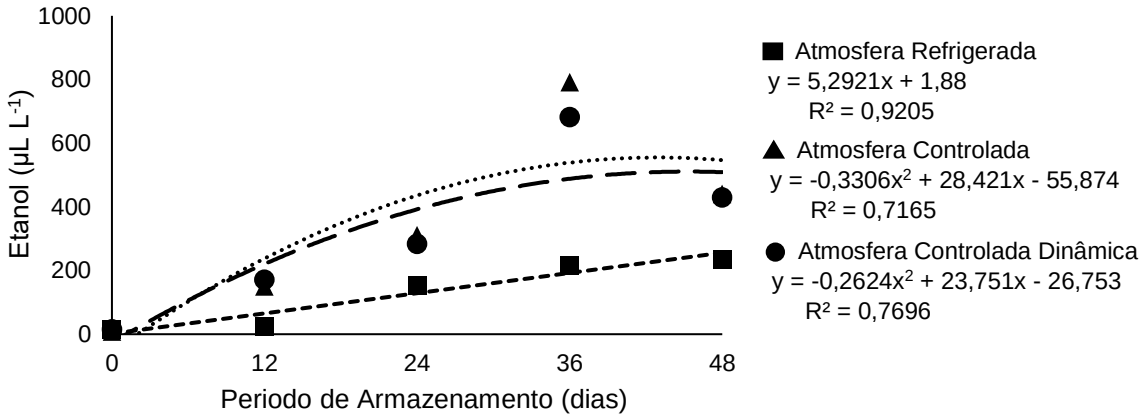

Figura 49. Etanol em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) em distintos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Tabela 42. Valores de etanol em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Etanol - µL L^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	14,44 a	23,84 b	154,32 b	215,93 b	235,92 b	128,89 b
Atmosfera Controlada	8,41 a	150,46 a	311,46 a	791,77 a	440,93 a	340,61 a
Atmosfera Controlada Dinâmica	15,92 a	171,22 a	283,92 a	681,88 a	430,10 a	316,61 a

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Dos compostos fitoquímicos estudados nesse experimento, apenas a atividade antioxidante e os carotenoides totais apresentaram diferença estatística significativa. Os compostos fenólicos não apresentaram significância estatística.

Na atividade antioxidante observou-se poucas alterações dos valores ao longo do armazenamento, mas de maneira geral, ao comparar o primeiro período de armazenamento ao último verificou-se uma redução dos teores e com as médias gerais não houve diferenciação entre os sistemas de armazenamento (Tabela 43). Liu et al. (2019) verificaram que pêssegos armazenados em temperatura de 0°C a 2°C, mantiveram sem alterações os teores de atividade antioxidante, quando comparados os frutos armazenados em 4°C a 6°C, os quais tiveram a vida útil reduzida, mas aumentaram os teores de atividade antioxidante, considerados benéficos à saúde humana. Kyaw (2019) em um estudo com ameixas, verificou que os teores de fenóis totais, ácido ascórbico, capacidade antioxidante e antocianina variaram entre as cultivares testadas e suas concentrações aumentaram no armazenamento a frio de 40 dias. Variação semelhante nos níveis desses compostos, dependendo das cultivares, foi relatada por Gil et al. (2002) e Kim et al. (2003) em pêssegos, nectarinas e ameixas.

Nos carotenoides totais também não houve muita influência nos teores para os sistemas AC e ACD durante o armazenamento, mas diferiam de AR na comparação das médias gerais, onde AR apresentou como média de 9,61mg β-caroteno 100 g^{-1} e AC e ACD apresentaram 7,52mg β-caroteno 100 g^{-1} e 8,12mg β-caroteno 100 g^{-1}, respectivamente (Tabela 44). Santos et al. (2013) relataram aumento dos teores de carotenoides em pêssegos ‘Aurora’, ‘Biuti’, ‘Diamante’ e ‘Douradão’ submetidos ao armazenamento refrigerado ao compará-los aos sem armazenamento.

Tabela 43. Valores de atividade antioxidante (AA) em pêssego ‘Olímpia’ armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Atividade Antioxidante (AA) - mg Trolox.100 g^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	144,1 aAB	149,2 aA	122,9 abA	114,4 aA	119,9 aA	130,1 a
Atmosfera Controlada	124,7 aAB	151,7 aA	87,6 bB	142,2 aA	119,2 aAB	125,1 a
Atmosfera Controlada Dinâmica	153,5 aA	121,1 aA	133,9 aA	125,8 aA	121,1 aA	131,1 a
Médias	140,8 A	140,7 A	114,8 B	127,4 AB	120,1 AB	

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 44. Valores de carotenoides totais (CT) em pêssego 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

Sistema de Armazenamento	Carotenoides Totais (CT) - mg β-caroteno 100 g^{-1}					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera Refrigerada	9,19 aB	9,16 aB	9,55 aB	12,36 aA	7,79 aB	9,61 a
Atmosfera Controlada	7,33 aA	7,83 aA	8,90 aA	6,51 bA	7,05 aA	7,52 b
Atmosfera Controlada Dinâmica	7,24 aA	8,46 aA	9,30 aA	8,09 bA	7,49 aA	8,12 b
Médias	7,92 AB	8,48 AB	9,25 A	8,98 A	7,44 B	

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A incidência de podridões demonstrou-se como uma variável descritiva através dos percentuais encontrados nos três sistemas ao longo dos períodos de armazenamento. Observou-se que nos períodos de 36 e 48 dias houve o aumento da incidência de podridões, sendo o sistema AC o que apresentou um percentual mais elevado de 26,27% aos 48 dias, contudo, ACD foi o sistema que apresentou os menores percentuais 11,65% aos 48 dias (Figura 50). Nesse experimento apesar de haver incidência de podridões, observamos um percentual menor que no experimento 2 com pêssegos 'Sensação' em ACD. Para uma análise mais precisa dessa variável em estudos futuros, faz-se necessário um conhecimento inicial do potencial de inóculos que venham a causar podridões.

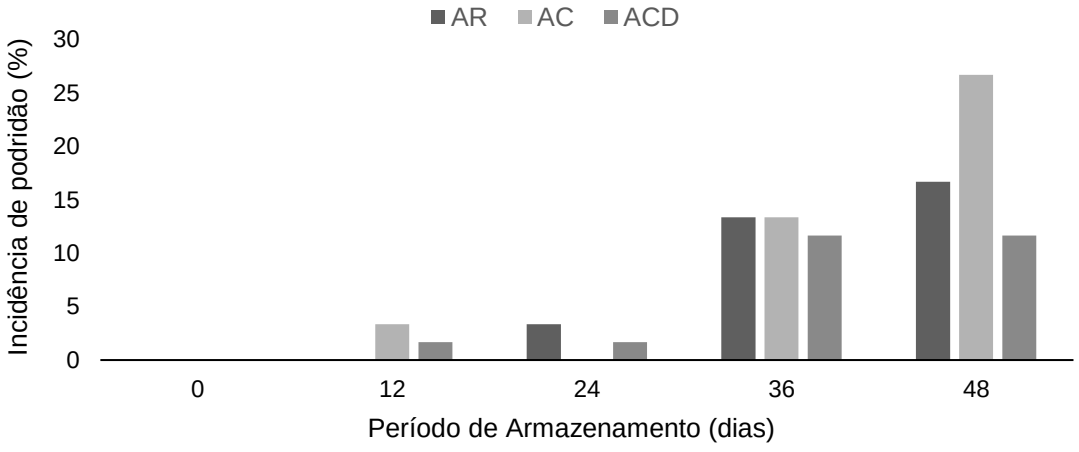

Figura 50. Incidência de podridões em pêssegos 'Olímpia' armazenados em AR, AC e ACD em 0,12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2020.

5.3. Conclusões

Os frutos de pêssego da cultivar ‘Olímpia’, safra 2017/2018, aos 48 dias de armazenamento apresentam sensibilidade à exposição à baixa temperatura, através de distúrbio de escurecimento da polpa. Esses frutos ao serem submetidos ao estresse por baixo oxigênio respondem aos sensores de fluorescência.

O sistema de armazenamento atmosfera controlada dinâmica, até os 36 dias de armazenamento apresenta os melhores resultados retardando os processos de amadurecimento dos frutos e mantém os parâmetros de qualidade físico-químico, como SST, AT, FP e parâmetros de coloração.

6. Considerações finais

Frutos climatéricos, como o pêssego, estão sujeitos a diversas mudanças após a colheita e para que se consiga aumentar a vida útil dessas frutos, aumentando a sua oferta para o mercado consumidor, necessita-se de informações sobre tecnologias pós-colheita que venham auxiliar no processo de manutenção da qualidade advinda do campo, assim como o conhecimento dos dados específicos para as diferentes cultivares e suas regiões de produção, pois todo esse conjunto pode vir a influenciar na manutenção pós-colheita.

Com os resultados dessa tese buscou-se trabalhar os sistemas de armazenamento disponíveis para pesquisa na Embrapa Clima Temperado e com cultivares de pêssego da região, com isso, utilizou-se na safra 2016/2017 a cv. ‘Jubileu’, considerada de ciclo tardio, oriunda do município do Morro Redondo e na safra 2017/2018 as cvs. ‘Sensação’ ciclo precoce e ‘Olímpia’ ciclo tardio, oriundas do município de Canguçu. Isso foi feito para que se pudesse ter informações que abrangessem uma certa variabilidade, servindo de base para estudos futuros, como o uso de três cultivares, dois municípios e diferentes ciclos produtivos.

Preconizou-se nesse trabalho o armazenamento refrigerado sob condições atmosféricas controladas, em especial com a redução dos níveis de oxigênio até os limites mínimos, submetendo os frutos ao estresse por baixo oxigênio e que isso fosse percebido pelos sensores de fluorescência. Uma vez que na literatura não haviam protocolos descritos para pêssegos, buscou-se a adaptação de protocolos

semelhantes aos descrito para maçã e como descritos no experimento 2 e 3, foi obtida a resposta aos sensores para duas cultivares diferentes ‘Sensação’ e ‘Olímpia’.

Pode-se considerar que os sistemas de armazenamento com redução de O_2 e aumento de CO_2 são promissores na manutenção dos atributos de qualidade dos pêssegos, mas cabe a ressalva, de conhecimento das cultivares aos níveis de sensibilidade às injúrias ou distúrbios causados pelo frio. Assim como, são indicados estudos futuros para melhor elucidação da produção ou inibição do etileno e os produtos decorrentes da respiração anaeróbica como acetaldeído e etanol, da mesma maneira que outros compostos voláteis que possam ser afetados por esses armazenamentos. Estes estudos também podem auxiliar na fabricação de filmes poliméricos mais eficientes para o transporte e comercialização dos pêssegos dessas cultivares, ajudando assim a manter a qualidade desses produtos.

7. Referências

AGAR, T.; GARCIA, J.M.; MIEDTKE, U.; STREIF, J. Effect of high CO2 and low O2 concentrations on the growth of *Botrytis cinerea* at different temperatures. **Gartenbauwissenschaft,** Berlin, v.55, n.5, p.219-222, 1990.

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v.33, n.10, p.2202-2210, 2010.

ANDREOTTI, C.; D. RAVAGLIA; A. RAGAINI; G. COSTA. Phenolic compounds in peach (*Prunus persica*) cultivars at harvest and during fruit maturation. **Annals of Applied Biology** 153:11-23. 2008.

ASODA, T. TERAI, H.; KATO, M.; SUZUKI, Y. Effects of postharvest ethanol vapor treatment on ethylene responsiveness in broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, v. 52, n. 2, p. 216-220, 2009.

ASSUMPÇÃO, C. F; SOUZA, E. C; FLÔRES, S. H; RIOS, A. O. Pêssego minimamente processado submetidos a tratamento com quitosana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.17, n.3, p.293-299, 2015.

BARBOSA, W.; CHAGAS. E.A.; POMMER, C.V.; PIO, R. Advances in low-chilling peach breeding at Instituto Agronômico. **Acta Horticulturae**, v. 872, p.147-150, 2010.

BARRETO, C. F.; NAVROSKI, R.; BENETTI, J. A.; FARIAS, R. D.; MARTINS, C. R.; MALGARIM, M. B. Conservação e qualidade de pêssegos 'BRS Kampai' na pós-colheita. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, Volume 21, nº1, 2019.

BARRETO, C.F.; SILVA, P.S.; KIRINUS, M.B.M.; SHIAVON, C.R.; MALGARIM, M.B.; FACHINELLO, J.C. ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE PÊSSEGOS

‘MACIEL’ DE PLANTAS CONDUZIDAS EM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS. **Revista Iber. Tecnología Postcosecha**, v.17, n.2, p.254-261, 2016.

BEAUDRY, R. M. Effect of O_2 and CO_2 partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 293–303, mar. 1999.

BEAULIEU, J. C.; SALTVEIT, M. E. Inhibition or promotion of tomato fruit ripening by acetaldehyde and ethanol is concentration dependent and varies with initial fruit maturity. **Journal of American Society of Horticultural** Science, v. 122, p. 392-398, 1997.

BERGHETTI, M. R. P.; BRACKMANN, A.; THEWES, F. R.; SCHULTZ, E. E.; LUDWIG, V.; WENDT, L. M.; … SCHMIDT, S. F. P. Extremely low oxygen partial pressures for the storage of ‘Royal Gala’apple. **Bragantia**, v. 79, n. 1, p. 145-154, 2020.

BONETTI, J. de A.; ZANUZO, M. R.; MACHADO, R. A.; CONSTANTINO, E. J.; CACHO, R. C.; RIEGER, F. A. Influência do parcelamento de potássio (K) nas características do melão utilizando sistema tutorado em Sinop-MT. **Revista Uniara**, v.14, n.1, p. 110-117, 2011.

BOTH, V.; BRACKMANN, A.; THEWES, F. R.; FERREIRA, D. F.; WAGNER, R. Effect of storage under extremely low oxygen on the volatile composition of ‘Royal Gala’ apples. **Food Chemistry**, London, v. 156, p. 50-57, Aug. 2014.

BOTH, V.; THEWES, F. R.; BRACKMANN, A.; DE OLIVEIRA ANESE, R.; DE FREITAS FERREIRA, D.; WAGNER, R. Effects of dynamic controlled atmosphere by respiratory quotient on some quality parameters and volatile profile of ‘Royal Gala’ apple after long-term storage. **Food chemistry**, v. 215, p. 483-492, 2017.

BRACKMANN, A.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. P.; DE OLIVEIRA ANESE, R.; DOS SANTOS, J. R. A. Atmosfera controlada, absorção de etileno e aplicação de 1-MCP durante o armazenamento de pêssegos ‘Eragil’. **Científica**, v. 41, n. 2, p. 156v-163, 2013.

BRACKMANN, A.; CHITARRA, A. B. **Atmosfera controlada e atmosfera modificada. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, p. 133-170, 1998.

BRACKMANN, A.; GASPERIN, A. R. D.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. P.; SCHORR, M. R. W.; ANESE, R. D. O. Aplicação de 1-metilciclopropeno, estresse inicial com baixo oxigênio e armazenamento em ultrabaixo oxigênio na qualidade de maçã ‘Fuji’. Ciência Rural, v. 42, p. 1386-1391, 2012.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Qualidade de pêssegos cv." Eldorado" tratados com aminoetoxivinilglicina e ethephon e armazenados em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 79-84, 2007a.

BRACKMANN, A.; PAVANELLO, E. P.; BOTH, V.; WEBER, A.; PINTO, J. A. V. Atmosfera refrigerada e controlada para pêssegos' Eragil'. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2010-2015, 2009.

BRACKMANN, A. PINTO, J.; NEUWALD, D.; GIEHL, R.; SESTARI, I. Temperatura e otimização da atmosfera controlada para o armazenamento de maçã “Gala”. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 505–508, 2005.

BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; WEBER, A., NEUWALD; D. A.; STEFFENS, C. A. Indução da perda de massa fresca e a ocorrência de distúrbios fisiológicos em maçãs ‘Royal Gala’ durante o armazenamento em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 32, n. 2, p. 87-92, 2007.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H. Armazenamento de pêssego “Chimarrita” em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 431–435, 2003.

BRACKMANN, A.; WEBER, A.; GIEHL, R. F. H.; EISERMANN, A. C. Pré-resfriamento sobre a qualidade de pêssegos 'Chiripá'. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2354-2360, 2009a.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BULENS, I. VAN DE POEL, B.; HERTOG, M. L. A. T. M.; DE PROFT, M. P.; GEERAERD, A. H.; NICOLAI, B. M. Influence of harvest time and 1-MCP application on postharvest ripening and ethylene biosynthesis of “Jonagold” apple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 72, p. 11–19, out. 2012.

BURDON, J.; DORI, S.; MARINANSKY, R.; PESIS, E. Acetaldehyde inhibition of ethylene biosynthesis in mango fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 8, p. 153-161, 1996.

BURDON, J. LALLU, N.; HAYNES, G.; McDERMOTT, K.; BILLING, D. The effect of delays in establishment of a static or dynamic controlled atmosphere on the quality of “Hass” avocado fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 49, n. 1, p. 61–68, 2008.

CALERO, F. A.; VERA, J. G. M.; GALINDO, A. J. Escriche. Conservación frigorífica de melocotón y nectarina. **Fruticultura profesional**, n. 50, p. 48-60, 1992.

CANTILLANO, R.F.F. Estudio del Efecto de las Atmósferas Modificadas durante el Almacenamiento y Comercialización de algunas Frutas y Hortalizas, 275f. **Tese/Doutorado em Tecnologia de Alimentos**. Universidad Politécnica de Valencia, UPV, Espanha, 1998.

CANTILLANO, R. F. F. Pós-colheita em fruteiras de caroço, In: MONTEIRO L. B.; DE MIO L. L. M.; MONTE SERRAT B.; CUQUEL, F. L. **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. p. 317 - 332, 2003.

CANTILLANO, R. F. F. Manejo Pós-Colheita: Fisiologia e Tecnologia. In: RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, J. F. M.; CARVALHO, F. L. C. C. **Pessegueiro**. Brasília-DF: Embrapa. Cap. 20, p. 559-604, 2014.

CANTILLANO, R. F. F.; SCHÜNEMANN, A.P.P.; TREPTOW, R. de O. Qualidade físico-química de pêssegos 'Eldorado' produzidos em sistema orgânico e convencional e armazenados em atmosfera controlada. **Embrapa Clima Temperado-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2014.

CASTRO-LÓPEZ, C.; SÁNCHEZ-ALEJO, E. J.; SAUCEDO-POMPA, S.; ROJAS, R.; ARANDA-RUIZ, J.; MARTÍNEZ-AVILA, G. C. G. Fluctuations in phenolic content, ascorbic acid and total carotenoids and antioxidant activity of fruit beverages during storage. **Heliyon**, v. 2, n. 9, p. e00152, 2016.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em Análise de Alimentos**. Campinas: UNICAMP, 2001.

CERETTA, M. Tolerância de maçã ‘Gala’ e ‘Fuji’ a baixas temperaturas e extremas pressões parciais de O2 e CO2 durante o armazenamento em atmosfera controlada. 2003. 70 f. **Tese (Doutorado em Agronomia)** – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

CERETTA, M. ANTUNES, P. L.; BRACKMANN, A.; NAKASU, B. H. Conservação em atmosfera controlada de pêssego cultivar Eldorado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.73-79, 2000.

CERETTA, M.; BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; LÚCIO, A. D.; ANESE, R. O. Tolerância da maçã ‘Gala’ a pressões parciais extremas de O_2 e CO_2 durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 60-69, 2010.

CHITARRA, M. I. F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutos. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 8-18, 1994.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Título: **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Edição: 2. ed. rev. amp. Ano de publicação: 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CARVALHO, V. D. Qualidade e industrialização de frutos temperados: pêssegos, ameixas e figos. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 125, p. 56-66, 1985.

CORRENT, A. R. PARUSSOLO, A.; GIRARDI, C. L.; ROMBALDI, C. V. Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' em ar refrigerado e atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 217-221, 2004.

COSTA, A. F. S.; BALBINO, J. M. S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUUR A, F. C. A. U. (Ed.). **Mamão: pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p. 12-18. 2002.

CRISOSTO, C. H. Optimum procedures for ripening stone fruit.Management of fruit, ripening. **Postharvest Horticulture.** Series No. 9., 1999.

CRISOSTO, C. H. Stone fruit maturity indices: a descriptive review. **Postharvest News and Information**, v.5, n.6, p.65-68, 1994.

CRISOSTO, C. H; CRISOSTO, G. M.; ECHEVERRIA, G.; PUY, J. Segregation of peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars according to their organoleptic characteristics. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, n. 1, p. 10-18, 2006.

CRISOSTO, C. H.; COSTA, G. Preharvest factors affecting peach quality. In: LAYNE, D.; BRASSI, D. (eds). **The Peach**: botany and production and uses. Wallingford, UK: CABI, 615p., 2008.

CRISOSTO, C.H.; DAY, K.R. Stone fruit, pp. 212-225. In: Rees, D., FARRELL, G.; ORCHARD, J. (eds.), **Crop post-harvest: science and technology**. Blackwell Publishing Ltd. 2012.

CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; CRISOSTO, G. M.; BOWERMAN, E. Increasing 'Blackamber' plum (Prunus salicina Lindl.) consumer acceptance. **Postharvest Biology and Technology**, 34(3), 237-244. 2004.

CRISOSTO, C. H.; LURIE, S.; RETAMALES, J. Stone fruits, pp. 287-316. In: Yahia, E. M. (ed.), **Modified and controlled atmospheres for the storage, transportation, and packaging of horticultural commodities**. CRC Press, New York. 2009.

CRISOSTO, C. H.; VALERO, D. Harvesting and Postharvest Handling of Peaches for the Fresh Market. **The Peach: Botany, Production and Uses**, CAB International, Wallingford, p. 575-596, 2008.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: análise multivariada e simulação**. Viçosa: UFV, 2006. 175p.

CUNHA JUNIOR, L. C.; DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B. H. Conservação de pêssegos "Aurora-1" armazenados sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 386-396, 2010.

DALLA VALLE, A. Z; MIGNANI, I.; SPINARDI, A.; GALVANO, F.; CIAPPELLANO, S. The antioxidant profile of three different peaches cultivars (*Prunus persica*) and their short-term effect on antioxidant status in human. **European Food Research and Technology**, v. 225, n. 2, p. 167-172, 2007.

DE ANDRADE, S. B.; BENDER, A.; GOULART, C.; COSTA, V. B.; MALGARIM, M. B.; DE MELLO FARIAS, P. C. Qualidade pós-colheita de pêssegos cv. maciel submetidos a aplicação de diferentes doses de ácido salicílico. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 2389-2404, 2017.

DeELL, J.R; VAN KOOTEN, O.; PRANGE, R. K.; MURR, D. P. Applications of chlorophyll fluorescence techniques in post-harvest physiology. **Horticultural Reviews,** v. 23, p. 69-107, 1999.

DELGADO, C.; CRISOSTO, G. M.; HEYMANN, H; CRISOSTO, C. H. Determining the primary drivers of liking to predict consumers' acceptance of fresh nectarines and peaches. **Journal of Food Science**, 78(4), S605-S614, 2013.

DE OLIVEIRA ANESE, R.; BRACKMANN, A.; WENDT, L. M.; THEWES, F. R.; SCHULTZ, E. E.; LUDWIG, V.; BERGHETTI, M. R. P. Interaction of 1-methylcyclopropene, temperature and dynamic controlled atmosphere by respiratory quotient on 'Galaxy' apples storage. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 20, p. 100246, 2019.

DE OLIVEIRA ANESE, R.; THEWES, F. R.; BRACKMANN, A.; SCHULTZ, E. E.; WAGNER, R.; KLEIN, B.; ... & WENDT, L. M. Growth regulators on quality traits and volatile organic compounds profile of 'Royal Gala' apple at harvest and after dynamic controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 164, p. 111158, 2020.

DeLONG, J. M.; PRANGE, R. K.; LEYTE, J. C.; HARRISON, P. A. A new technology that determines low-oxygen thresholds in controlled-atmosphere-stored apples. **HortTechnology**, v. 14, n. 2, p. 262–266, 2004.

DI VAIO, C.; GRAZIANI, G.; MARRA, L.; CASCONE, A.; RITIENI, A. Antioxidant capacities, carotenoids and polyphenols evaluation of fresh and refrigerated peach

and nectarine cultivars from Italy. **European Food Research and Technology**, v. 227, n. 4, p. 1225-1231, 2008.

DIAS, M. I.; SOUSA, M. J.; ALVES, R. C.; FERREIRA, I. C. Exploring plant tissue culture to improve the production of phenolic compounds: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 82, p. 9–22, 2016.

DROGOUDI, P.; C. TSIPOURIDIS. Effects of cultivar and rootstock on the ntioxidant content and physical characters of clingstone peach**. Scientia Horticulturae** 115:34-39. 2007.

ECHEVERRÍA, G.; FUENTES, T.; GRAELL, J.; LARA, I.; LÓPEZ, M. L. Aroma volatile compounds of “Fuji” apples in relation to harvest date and cold storage technology: A comparison of two seasons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, n. 1, p. 29–44, abr. 2004.

ESTI, M.; MESSIA, M. C.; SINESIO, F.; NICOTRA, A.; CONTE, L.; LA NOTTE, E.; PALLESCHI, G. Quality evaluation of peaches and nectarines by eletrochemical and multivariate analyses: relationships between analytical measurements and sensory atributes. **Food Chemistry**, Kidlingtm, v.60, n.4, p. 659-66, 1997.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. Colheita e Armazenamento. FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 158-168, 2008.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO. J.P.; CANO, A.; ARTÉS, F. Physiological changes in peaches related to chilling injury and ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.13, p.109-119, 1998.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Conservação pós-colheita de pêssegos. **Embrapa Instrumentação-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2011.

FERRER, A.; REMÓN, S.; NEGUERUELA, A. I.; ORIA, R.L. Changes during the ripening of the very late season Spanish peach cultivar Calanda: feasibility of using CIELAB coordinates as maturity indices. **Scientia Horticulturae**, v. 105, n. 4, p. 435-446, 2005.

FERRER-MAIRAL, A.; REMÓN, S.; PEIRÓ, J. M.; ORIA, R. Effects of intermittent conditioning on the color and enzymatic activity of peaches during controlled atmosphere storage. **Journal of Food Biochemistry**, v. 36, n. 2, p. 129-138, 2012.

FINGER F.L.; VIEIRA G. 1997. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos minimamente processados.** Viçosa: UFV. 29p.

FRANZON, R. C.; RASEIRA, M. DO C. B. Origem e História do Pessegueiro. In: RASEIRA, M.C.B.; PEREIRA, J.F.M.; CARVALHO, F.L.C. (Org.). **Pessegueiro**. 1ªed.: Embrapa, 2014, v. 1, p. 19-24.

GIL, M.I.; F.A. TOMÁS-BARBERÁN; B. HESS-PIERCE; A.A. KADER. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and cultivars from California. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 50:4976- 4982. 2002.

GINÉ-BORDONABA, J.; CANTÍN, C. M.; ECHEVERRÍA, G.; UBACH, D.; LARRIGAUDIÈRE, C The effect of chilling injury-inducing storage conditions on quality and consumer acceptance of different *Prunus persica* cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 115, p. 38-47, 2016.

GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R. **Manejo pós-colheita de pêssegos cultivar Chiripá**. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2000. 36 p. (Circular Ténico, 28).

GIRARDI, C. L.; CORRENT, A. R.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M. R.; DA COSTA, T. S.; BRACKMANN, A.; ROMBALDI, C. V. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 38, n. 1, p. 25-33, 2005.

GRAN, C. D.; BEAUDRY, R. M. Determination of the low oxygen limit for several commercial apple cultivars by respiratory quotient breakpoint. **Postharvest Biology and Technology**, v. 3, p. 259-267, 1993.

GWANPUA, S. G.; VERLINDEN, B. E.; HERTOG, M. L. A. T. M.; BULENS, I.; VAN DE POEL, B.; VAN IMPE, J.; NICOLAÏ, B. M.; GEERAERD, A. H. Kinetic modeling of firmness breakdown in 'Braeburn' apples stored under different controlled atmosphere conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 68-74, May 2012.

HAMINIUK, C. W. I.; MACIEL, G. M.; PLATA-OVIEDO, M. S.; PERALTA, R. M. Invited review Phenolic compounds in fruits – an overview. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 42, p. 2023–2044, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Produção Agrícola - https://sidra.ibge.gov.br. 2019.

INFANTE, R.; FARCUH, M.; MENESES, C. Monitoring the sensorial quality and aroma through an electronic nose in peaches during cold storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 12, p. 2073–2078, 2008.

JERONIMO, R. F.; KANESIRO, M. A. B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.2, p. 237-243, 2000.

JIN, Y.Z.; Liu, W. W.; Qi, H. Y.; Bai, X. H. Ethanol vapor treatment maintains postharvest storage quality and inhibits ethylene biosynthesis during storage of oriental sweet melons. **Postharvest Biology and Technology**, v.86, p.372-380, 2013.

JU, Z.; DUAN, Y.; JU, Z. Combinations of GA_3 and AVG delay fruit maturation, increase fruit size and improve storage life of 'Feicheng' peaches. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v.74, p.579-583, 1999.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops.** 3rd ed. Oakland: University of California, 580 p. 2002.

KE, D.; MATEOS, M.; KADER, A.A. Regulation of fermentative metabolism in fruits and vegetables by controlled atmospheres. **Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference**, NRAES-71, Cornell University, Ithaca, NY p. 63-77. 1993.

KE, D.; YAHIA, E.; MATEOS, M.; KADER, A.A. Ethanolic fermentation of 'Bartlett' pears as influenced by ripening stage and atmospheric composition. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, p. 976-982, 1994.

KE, D.; YAHIA, E.; HESS, B.; ZHOU, L.; KADER, A. A. Regulation of fermentative metabolism in avocado fruit under oxygen and carbon dioxide stresses. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 3, p. 481-490, 1995.

KERBAUY, G. B. **Frutificação e amadurecimento.** Fisiologia Vegetal. 2nd ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2012.

KEVERS, C.; FALKOWSKI, M.; TABART, J.; DEFRAIGNE, J. O.; DOMMES, J.; PINCEMAIL, J. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 21, p. 8596-8603, 2007.

KHAN, A. S.; SINGH, Z.; ALI, S. Postharvest Biology and Technology of Plum. In: **Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits**. Springer, Cham, 2018. p. 101-145.

KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P. Shelf life of peaches treated with 1-methylcyclopropene. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 69-72, 2002.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós colheita de frutas de clima temperado**. Campinas, 214 p., 2002.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; HOFFMANN, A.; BILHALVA, A.B.; FACHINELLO, J.C. Efeito de ésteres de sacarose sobre pêssegos 'BR-6' refrigerados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.33, n. 2, p. 109-114, fev. 1998.

KIM, D. O.; CHUN, O. K.; KIM, Y. J.; MOON, H. Y.; LEE, C. Y. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51(22), 6509-6515, 2003.

KYAW, P. N. Regulation of Ethylene Production and Postharvest Fruit Quality of Stone Fruit Using Different Formulations of New Ethylene Antagonists. **Tese de Doutorado.** Curtin University.2019.

KUMAR, P.; SETHI, S.; SHARMA, R.R.; SRIVASTAV, M.; VARGHESE, E. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. **Sci. Hortic**. 226, 104–109, 2017.

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada: aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Embrapa, 2000.

LARA, I.; BELGE, B.; GOULAO, L. F. The fruit cuticle as a modulator of postharvest quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 87, p. 103-112, 2014.

LEE, J.; RUDELL, D. R.; DAVIES, P. J.; WATKINS, C. B. Metabolic changes in 1-methylcyclopropene (1-MCP) - treated "Empire" apple fruit during storage. **Metabolomics**, v. 8, p. 742-753, 2012.

LEONEL, S.; PIEROZZI, C. G.; TECCHIO, M. A. Produção e qualidade dos frutos de pessegueiro e nectarineira em clima subtropical do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 118-128, 2011.

LIU, H.; CAO, J.; JIANG, W. Evaluation and comparison of vitamin C, phenolic compounds, antioxidant properties and metal chelating activity of pulp and peel from selected peach cultivars. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 2, p. 1042–1048, 2014.

LURIE, S.; CRISOSTO, C. H. Chilling injury in peach and nectarine. **Postharvest biology and technology**, v. 37, n. 3, p. 195-208, 2005.

LUTZ, I. A. Métodos físicos-quimicos para análise de Alimentos. **Métodos físicos-quimicos para análise de Alimentos**, p. 589–625, 2008.

MADAIL, J.C.M.; RASEIRA, M. do C.B.; BELARMINO, L.C.; SILVA, B.A. da. Economia do Pêssego no Brasil, 2do. Simposio Regional “Tres Fronteiras”-El cultivo de duraznero. 2007- INIA Las Brujas. Uruguay.

MALDONADE, I. R.; CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A. Protocolo para determinação de acúcares totais em hortaliças pelo método de DNS. **Comunicado Tecnico**, p. 1–4, 2013.

MANGANARIS, G. A.; CRISOSTO, C. H. Stone fruits: Peaches, nectarines, plums, apricots. In: **Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce**. Academic Press, 2020. p. 311-322.

MANICA-BERTO, R. Influência da interenxertia e dos sistemas de condução nas propriedades funcionais do pêssego. **Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Pelotas**, Pelotas, 50p. 2008.

MARTINS, R. N.; MATTIUZ, B. H.; SANTOS, L. O.; HOJO, E. T. D.; MATTIUZ, C. F. M. Estádios de maturação de pêssegos' Aurora-1'para o processamento mínimo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 391-397, 2013.

MATHOOKO, F. M. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide. **Postharvest Biology and Technology**, v. 7, n. 1-2, p. 1-26, 1996.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JÚNIOR, O. D. Processamento mínimo em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato': 2. Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Food Science and Technology**, v. 23, n. 3, p. 409-413, 2003.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany,** v.51, n.345, p.659-668, 2000.

MAYER, N. A.; MATTIUZ, B.; PEREIRA, F. M. Qualidade pós-colheita de pêssegos de cultivares e seleções produzidos na microrregião de Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 616-621, 2008.

MDITSHWA, A.; FAWOLE, O. A.; OPARA, U. L. Recent developments on dynamic controlled atmosphere storage of apples—A review. **Food packaging and shelf life**, v. 16, p. 59-68, 2018.

NAVA, G. A.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. Chiripá, em atmosfera controlada. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 328-332, 2002.

NAVA, G.A. Efeito da atmosfera controlada, eliminação do etileno da câmara e do pré-resfriamento sobre a qualidade de pêssegos, cv. Chiripá. 73f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, 2001.

NEUWALD, D. A. Armazenamento de caqui (*Diospyros kaki* L.) cultivar Fuyu em atmosfera controlada. 2004. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PANDEY, K. B.; RIZVI, S. I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2, n. 5, p. 270–278, 2009.

PAYASI, A.; MISHRA, N. N.; CHAVES, A. L. S.; SINGH, R. Biochemistry of fruit softening: an overview. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.15, p.103-113, 2009.

PEGORARO, C.; ZANUZO, M.R.; CHAVES, F.C.; BRACKMANN, A.; GIRARDI, C.L.; LUCCHETTA, L.; NORA, L.; SILVA, J.A.; ROMBALDI, C.V. Physiological and molecular changes associated with prevention of woolliness in peach following pre-harvest application of gibberellic acid. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, n.1, p.19-26, jul. 2010.

PEPPELENBOS, H.W. **The use of gas exchange characteristics to optimize CA storage and MA packaging of fruits and vegetables.** 1996, 147p.

PESIS, E. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening enhancement of fruit quality and fruit deterioration. **Postharvest Biology and Technology**, v. 37, p. 1-19, 2005.

PESIS, E.; FAIMAN, D.; DORI, S. Postharvest effects of acetaldehyde vapour on ripening-related enzyme activity in avocado fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.13, p. 245-253, 1998.

PESIS, E.; EBELER, S. E.; DE FREITAS, S. T.; PADDA, M.; MITCHAM, E. J. anaerobiosis period prior to cold storage alleviates bitter pit and superficial scald in Granny Smith apples. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 90, p. 2114-2123, 2010.

PINTO, J.A.V.; BRACKMANN, A.; SCHORR, M.R.W.; VENTURIN, T.L.; THEWES, F.R. Indução de perda de massa na qualidade pós-colheita de pêssegos 'Eragil' em armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, n.42, n.6, p.962-968, jun. 2012.

PRANGE, R. K.; DeLONG, J. M.; DANIELS-LAKE, B. J.; HARRISON, P. A. Innovation in controlled atmosphere technology. **Stewart Postharvest Review**, v.1, p.1-11, 2005.

PRANGE, R. K.; DeLONG, J.; HARRISON, P.; LEYTE, J., MCLEAN, S. D.; SCRUTTON, J. G. E.; CULLEN, J. J. Oxygen concentration affects chlorophyll fluorescence in chlorophyll-containing fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, n. 2, p. 201–205, 2003.

PRANGE, R. K.; DeLONG, J.; HARRISON, P.; LEYTE, J., MCLEAN, S. D.; SCRUTTON, J. G. E.; CULLEN, J. J. **A method and apparatus for monitoring a condition in chlorophyll containing matter** Google Patents, 24 jan. 2007.

PRANGE, R. K.; DeLONG, J. M.; WRIGHT, A. H. Chlorophyll fluorescence: applications in postharvest horticulture. **Chronica Horticulturae**, v. 50, n. 1, p. 13-16, 2010.

PRANGE, R. K.; DeLONG, J. M.; WRIGHT, A. H. Storage of pears using dynamic controlled-atmosphere (DCA), a non-chemical method. **Acta horticulturae**, v. 909, p. 707-717, 2011.

PRANGE, R. K.; WRIGHT, A. H.; DELONG, J. M.; ZANELLA, A. History, current situation and future prospects for dynamic controlled atmosphere (DCA) storage of fruits and vegetables, using chlorophyll fluorescence**. Acta Hort**. 1012, p. 905-915, ISHS 2013.

PRANGE, R.K.; WRIGHT, A. H.; DELONG, J. M.; ZANELLA, A. A review on the successful adoption of dynamic controlled-atmosphere (DCA) storage as a replacement for diphenylamine (DPA), the chemical used for control of superficial scald in apples and pears. **Acta Horticulturae**, v. 1071, p. 389-396, 2015.

PRASANNA, V.; PRABHA, T.N.; THARANATHAN, R.N. Fruit ripening phenomena - an overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.47, p.1-19, 2007.

RASEIRA, M. C. B.; BYRNE, D. H.; FRANZON, R. C. Pessegueiro - Tradição e poesia. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. v. 1, p. 679-705.

RASEIRA, M. C. B.; NAKASU, B. H.; BARBOSA, W. Cultivares: descrição e recomendação. In: Raseira, M.C.B.; Pereira, J.F.M.; Carvalho, F.L.C. (Org.). **Pessegueiro**. 1ªed.: Embrapa, 2014, v. 1, p. 73-141.

RASEIRA, M.C.B.; NAKASU, B.H. Embrapa 146: Jubileu, cultivar de pêssego tipo conserva. Agrop. Clima Temp.; Pelotas, p. 271-273, 1998.

REMORINI, D.; TAVARINI, S.; DEGL'INNOCENTI, E.; LORETI, F.; MASSAI, R.; GUIDI, L. Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. **Food Chemistry**, v.110, p.361–367, 2008.

ROCHA, A.M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by color changes. **Food Control**, Guildford, v. 14, n. 1, p. 13–20, 2003.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: CHARALAMBOUS, G. (Ed.). **Shelf life studies of foods and beverages. Chemical, biological, physical and nutritional aspects.** Amsterdam: Elsevier Science Publisher, p.547–589, 1993.

ROMBALDI, C. V.; SILVA, J. A.; PARUSSOLO, A.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M. R.; GIRARDI, C. L.; CANTILLANO, R. F. F. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* L.), cultivar Chiripá, em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 43-47, 2002.

RUDELL, D. R. BUCHANAN, D. A.; LEISSO, R. S.; WHITAKER, B. D.; MATTHEIS, J. P.; ZHU, Y.; VARANASI, V. Ripening, storage temperature, ethylene action, and oxidative stress alter apple peel phytosterol metabolism. **Phytochemistry,** v. 72, n. 11-12, p. 1328-1340, 2011.

SACHS, S.; CAMPOS, A. D. O pessegueiro. **A cultura do pessegueiro**, 1998.

SAINI, R. K.; NILE, S. H.; PARK, S. W. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. **Food Research International**, v. 76, p. 735–750, 2015.

SAINZ, R. L.; FERRI, V. C. Vida-de-prateleira de sucos clarificados de pêssegos das variedades jubileu e eldorado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 3, p. 239-249, 2015.

SAINZ, R. L.; DA SILVA VENDRUSCOLO, J. L. Propriedades da poligalacturonase e pectinametilesterase em pêssegos [*Prunus persica* (L.) Batsch] de cultivares brasileiras. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 1, 2015.

SANHUEZA, D.; VIZOSO, P.; BALIC, I.; CAMPOS-VARGAS, R.; MENESES, C. Transcriptomic analysis of fruit stored under cold conditions using controlled atmosphere in *Prunus persica* cv.“Red Pearl”. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 788, 2015.

SANTANA, L. R. R. de; BENEDETTI, B. C.; SIGRIST, J. M. M. Sensory profile of 'Douradão' peaches cold stored under controlled atmosphere. **Food Science and Technology,** v. 31, n. 1, p. 238-246, 2011.

SANTOS, C. M. D.; ABREU, C. M. P. D.; FREIRE, J. M.; CORRÊA, A. D. Atividade antioxidante de frutos de quatro cultivares de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 339-344, 2013.

SANTOS, L. F. Armazenamento de maçã ‘Granny Smith’ em atmosfera controlada dinâmica monitorada pelo quociente respiratório. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal de Santa Maria, RS, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

SANTOS, R. O. Capacidade antioxidante de pêssegos de polpa amarela, em três estádios de maturação e minimamente processados. **Dissertação de Mestrado.** Universidade Federal de Pelotas. 2011.

SAQUET, A.A.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Changes in ATP, ADP and pyridine nucleotide levels related to the incidence of physiological disorders in ‘Conference’ pears and ‘Jonagold’ apples during controlled atmosphere storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology,** v. 75, p. 243-249, 2000.

SAQUET, A. A.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Impaired aroma production of CA-stored ‘Jonagold’ apples as affected by adenine and pyridine nucleotide levels and fatty acid concentrations. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology,** v.78, n.5, p.695-705, 2003.

SAQUET, A. A.; STREIF J. Fermentative metabolism in ‘Jonagold’ apples under controlled atmosphere storage. **European Journal of Horticultural Science**, v.73, p.43-46, 2008.

SASAKI, F. F. Tratamentos térmicos, cloreto de cálcio e atmosfera modificada em pêssegos ‘IAC Douradão’: aspectos fisiológicos, bioquímicos e de qualidade, **(Tese), Universidade de São Paulo**, Piracicaba, p. 178, 2009.

SEGANTINI, D.; LEONEL, S.; LIMA, G. P. P.; COSTA, S. M.; RAMOS, A. R. P. Caracterização da polpa de pêssegos produzidos em São Manuel-SP. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 52-57, 2012.

SEIBERT, E.; LEÃO, M. L. D.; RIETH, S.; BENDER, R. J. Efeitos do condicionamento na qualidade de pêssegos Maciel. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 477-483, 2010.

SESTARI, I. GIEHL, R. F. H.; PINTO, J. A. V.; BRACKMANN, A. Condições de atmosfera controlada para pêssegos “maciel” colhidos em dois estádios de maturação. **Ciência Rural**, v. 38, n. 5, p. 1240–1245, 2008.

SILVA, D.F.P., CREMASCO, J.P.G., MATIAS, R.G.P., SILVA, J.O. DA C., BRUCKNER, C.H. Degradação de antioxidantes e sólidos solúveis em polpa de pêssego. **Magistra** 26: 1136-1140. 2014.

SILVA, D. F. P.; RIBEIRO, M. R.; SILVA, J. O. D. C.; MATIAS, R. G. P.; BRUCKNER, C. H. Cold storage of peaches cv. Aurora grown in the Zona da Mata Mineira, Minas Gerais State, Brazil. **Revista Ceres**, v. 60, n. 6, p. 833-841, 2013.

SILVA, M. M. Agentes coadjuvantes na preservação das características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de pêssegos [*Prunus persic*a (L.) Batsch] minimamente processado. **Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial**-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

SOUZA, E. L. de. Estádios de maturação e modificação da atmosfera na qualidade de pêssegos cvs. Granada e Maciel, em armazenamento refrigerado. 2003. 83 f. **Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia**) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SOUSA, R. F. de; FILGUEIRAS, H. A. C.; COSTA, J. T. A.; ALVES, R. E.; OLIVEIRA, A. C. de. Armazenamento de ciriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 334-338, 2000.

SOUZA, A. V.D.; KOHATSU, D. S.; LIMA, G. P. P.; VIEITES, R. L. Conservação pós-colheita de pêssego com o uso da refrigeração e da irradiação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1184-1189, 2009.

STEFFENS, C. A. BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 313-321, 2007.

STEFFENS, C. A.; BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Escurecimento da polpa e respiração de pêssegos em função das condições de armazenamento. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 1, 2006.

STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H.; BRACKMANN, A. Maçã 'Gala' armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 9, p. 837-843, 2005.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents ofPrunus domestica. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63–68, 1959.

TAIZ, L; ZEIGNER, E; MOLLER, I. M. M; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ed. Artmed, 2017.

TALCOTT, T. S.; HOWARD, R. L. **Journal of agriculture and food chemistry**, 1999.

TAVARINI, S.; DEGL'INNOCENTI, E.; REMORINI, D.; MASSAI, R.; GUIDI L. Preliminary characterisation of peach cultivars for their antioxidant capacity. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, p.810–815, 2008.

THEWES, F. R.; BOTH, V.; BRACKMANN, A.; WEBER, A.; DE OLIVEIRA ANESE, R. Dynamic controlled atmosphere and ultralow oxygen storage on 'Gala'mutants quality maintenance. **Food chemistry**, v. 188, p. 62-70, 2015.

TORALLES, R. P.; KUHN, C. R.; SILVA, P.; RUIZ, W. A. Extração e caracterização parcial de invertase de levedura de purê e resíduo de pêssego. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 2, 2014.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; MALGARIM, M. B.; CANTILHANO, R. F. F.; SCHÜNEMANN, A. P. P.; ANTUNES, P. L. Características físicas e químicas de cultivares brasileiras de pêssegos em duas safras. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 2, 2008.

TORRELARDONA, S. D. **Frigoconservacion de la fruta**. Barcelona: AEDOS, 1983. 369 p.

TRAN, D.T.; VERLINDEN, B. E.; HERTOG, M.; NICOLAÏ, B. M. Monitoring of extreme low oxygen control atmosphere storage of 'Greenstar' apples using chlorophyll fluorescence. **Scientia Horticulturae,** v.184, p.18-22, 2015.

TSANTILI, E.; SHIN, Y.; NOCK, J.F.; WATKINS, C.B. Antioxidant concentrations during chilling injury development in peaches. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, p. 27–34, 2010.

VALERO, D.; SERRANO, M. Changes in fruit quality attributes during handling, processing, and storage, pp. 49-68. In: **Postharvest biology and technology for preserving fruit quality**. CRC press, 2010.

VELTMAN, R. H., VERSCHOOR, J. A., RUIJSCH VAN DUGTEREN, J. H. Dynamic control system (DCS) for apples (*Malus domestica* Borkh. cv 'Elstar'): optimal quality through storage based on product response. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 79-86, 2003.

VITTI, D.C.C. Controle de injúrias pelo frio de pêssegos 'Dourado-2' submetidos ao tratamento térmico, **(Dissertação), Universidade de São Paulo**, Piracicaba, p. 86, 2004.

WATADA, ALLEY E. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. **Food Technol**, v. 40, n. 5, p. 82-85, 1986.

WATKINS, C.B. Dynamic Controlled Atmosphere Storage - A New Technology for the New York Storage Industry? **New York Fruit Quarterly**, v.16, p. 1**-**32, 2008.

WEBER, A.; BRACKMANN, A.; ANESE, R. O.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. P. Atmosfera controlada para armazenamento de maçã Maxi Gala. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 294-301, Apr./ June 2013.

WEBER, A.; BRACKMANN, A.; ANESE, R. O.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. P. 'Royal Gala' apple quality stored under ultralow oxygen concentration and low temperature conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1597-1602, 2011.

WEBER, A.; BRACKMANN, A.; BOTH, V., PAVANELLO, E. P.; ANESE, R. D. O.; THEWES, F. R. Respiratory quotient: innovative method for monitoring 'Royal Gala' apple storage in a dynamic controlled atmosphere. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 1, p. 28-33, 2015.

WEBER, A.; NEUWALD, D. A.; KITTEMANN, D.; THEWES, F. R.; BOTH, V.; BRACKMANN, A. Influence of respiratory quotient dynamic controlled atmosphere (DCA–RQ) and ethanol application on softening of Braeburn apples. **Food chemistry**, v. 303, p. 125346, 2020.

WILD, H. P. J.; WOLTERING, E. J.; PEPPELENBOS, H. W. Carbon dioxide and 1-MCP inhibit ethylene production and respiration of pears fruit by different mechanisms. **Journal of Experimental Botany**, v.50, n.335, p.837-844, 1999.

WRIGHT, H.; DeLONG, J.; HARRISON, P. A.; GUNAWARDENA, A. H.; PRANGE, R. The effect of temperature and other factors on chlorophyll *a* fluorescence and the lower oxygen limit in apples (*Malus domestica*). **Postharvest Biology and Technology,** v. 55, n. 1, p .21-28, 2010.

WRIGHT, A. H.; DeLONG, J.; HARRISON, P. A.; GUNAWARDENA, A. H.; PRANGE, R. The interrelationship between the lower oxygen limit, chlorophyll fluorescence and the xanthophyll cycle in plants. **Photosynthesis Resesarch,** v.107, p.223-235, 2011.

WRIGHT, A.H.; DeLONG, J.; HARRISON, P. A.; GUNAWARDENA, A. H.; PRANGE, R. Dynamic controlled atmosphere (DCA): Does fluorescence reflect physiology in storage? **Postharvest Biology and Technology**, v.64, p.19-30, 2012.

WRIGHT, A. H. DeLONG, J. M.; ARUL, J.; PRANGE, R. K. The trend toward lower oxygen levels during apple (*Malus*× *domestica* Borkh) storage. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 90, n. 1, p. 1-13, 2015.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology,** v. 35, p. 155-189, 1984.

YEARSLEY, C. W.; BANKS, N. H.; GANESH, S.; CLELAND, D. J. Determination of lower oxygen limits for apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 8, p. 95-109, 1996.

ZANELLA, A.; CAZZANELLI, P.; PANARESE, A.; COSER, M.; CHISTÈ, C.; ZENI, F. Fruit fluorescence response to low oxygen stress: modern storage technologies compared to 1-MCP treatment of apple. In: V International Postharvest Symposium 682. **Acta Hort**. p. 1535-1542, 2005.

ZAMBIAZI, R. **Apostila de química bromatológica I**: Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 97p. 2004.

ZHOU, H.; BEN-AIRE, R.; LURIE, S. Pectin esterase, polygalacturonase and gel formation in peach pectin fractions. **Phytochemistry**, Oxford, n.55, p.191-195, 2000.

8. Anexos

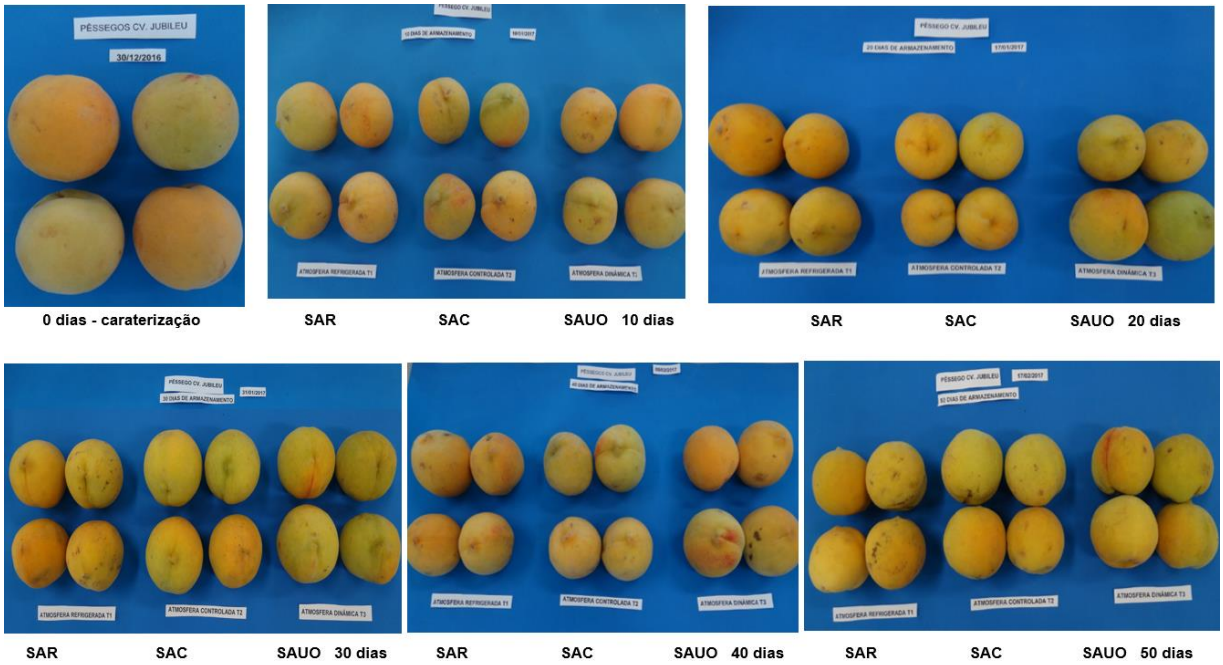

Figura 51. Frutos de pêssego Jubileu armazenados em SAR, SAC e SAUO, em 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias. Referente ao experimento 1.

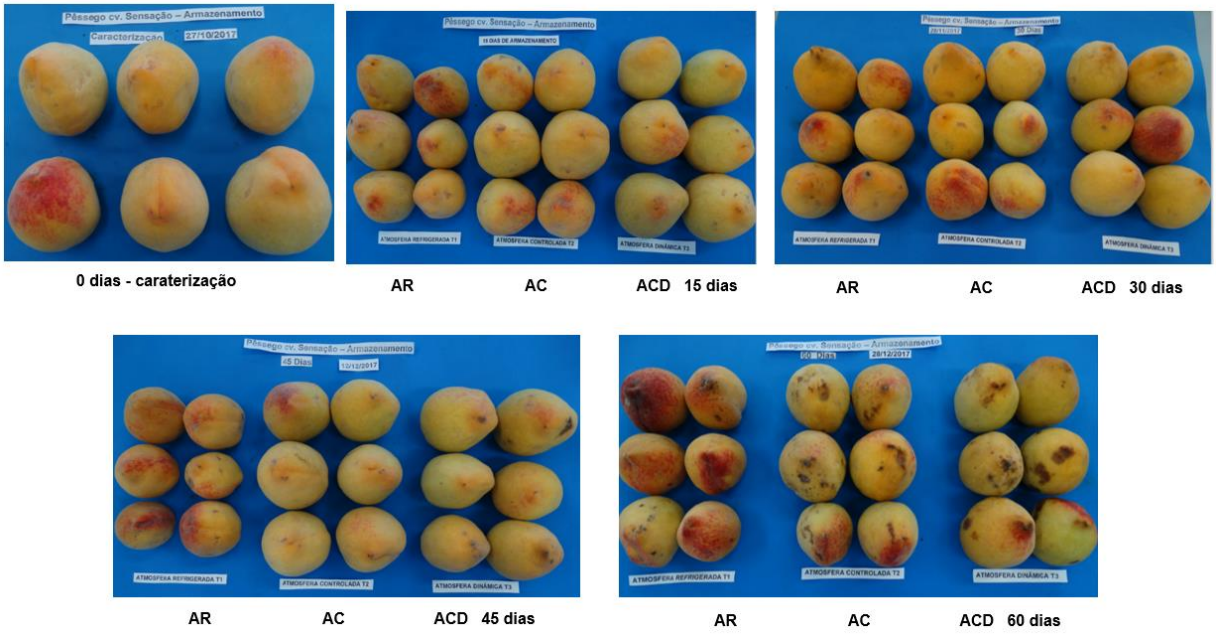

Figura 52. Frutos de pêssego Sensação armazenados em AR, AC e ACD, em 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Referente ao experimento 2.

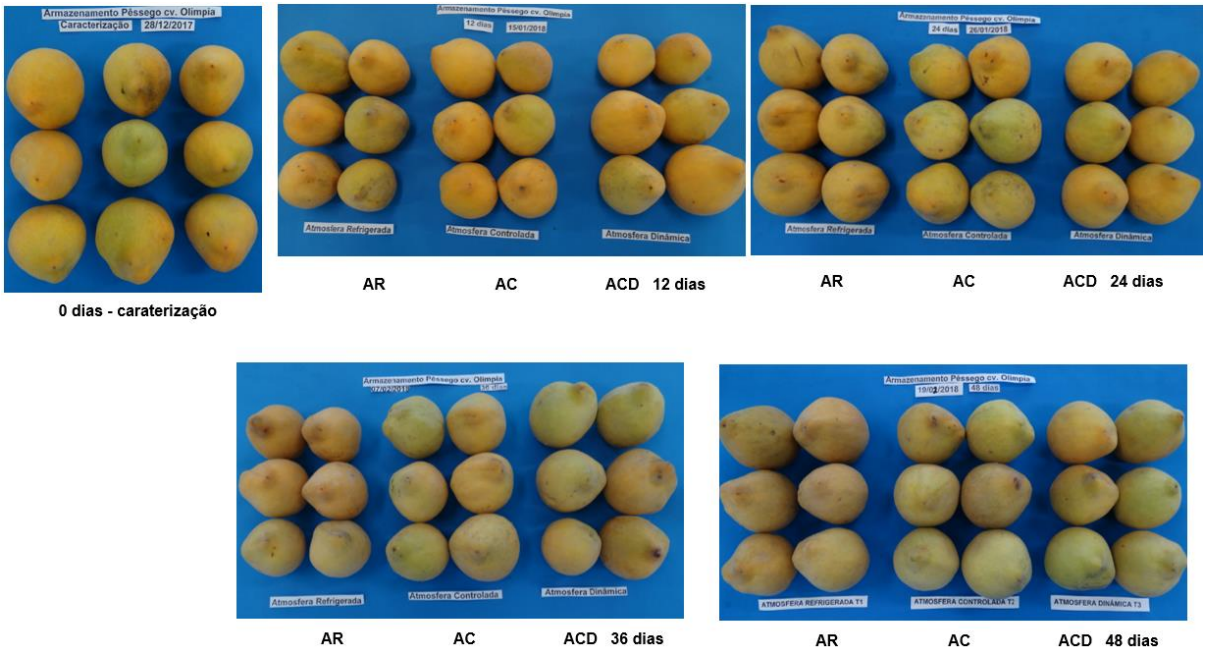

Figura 53. Frutos de pêssego Olímpia armazenados em AR, AC e ACD, em 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Referente ao experimento 3.

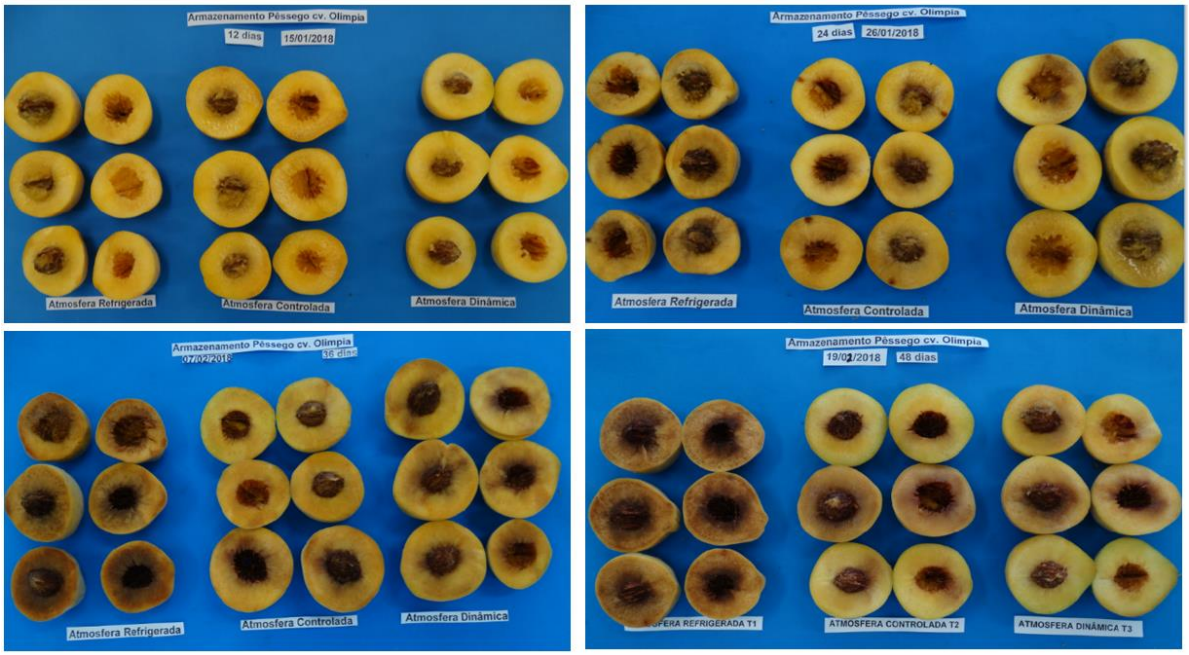

Figura 54. Frutos de pêssego Olímpia armazenados em AR, AC e ACD, em 12, 24, 36 e 48 dias. Referente ao experimento 3 – Escurecimento de polpa.