

Variabilidade da maturação de maçãs na copa de macieira 'Gala' nas condições do Sul do Brasil

Luiz Carlos Argenta¹ e Vinícius Adão Bartnick²

Resumo – Esse estudo foi realizado para analisar a variabilidade da maturação de maçãs dentro da copa de macieiras pela análise do desvio-padrão da firmeza de polpa e do índice de amido. Três pomares experimentais foram estabelecidos em três regiões no sul do Brasil. Em cada experimento (região), foram plantadas macieiras de seis cultivares variantes de 'Gala' (tratamentos) sobre os porta-enxertos M.9 ou Marubakaido com filtro M.9. Todos os frutos de uma planta por repetição foram colhidos no mesmo dia – no período de colheita comercial – para todos os tratamentos, em cada região, em dois anos. A firmeza da polpa e o índice de amido foram determinados para cada fruto e o desvio-padrão desses índices de maturação foi determinado para cada planta (repetição). A variabilidade da maturação das maçãs intracopa foi a mesma para os seis cultivares variantes de 'Gala'. O desvio-padrão foi 3,2, 2,2 e 2,1 lb para firmeza da polpa e 2,5, 2,1 e 2,3 para o índice de amido (escala 1 a 9) nas regiões de Caçador, São Joaquim e Vacaria, respectivamente. Os desvios padrões da firmeza da polpa e do índice de amido não variaram entre porta-enxertos ou foi maior nas macieiras sobre porta-enxerto semivigoroso, dependendo da região de crescimento das macieiras. A alta variabilidade da maturação entre frutos intracopa mostra a importância da colheita escalonada (repases de colheita) em cada planta, mesmo para os novos cultivares cujos frutos desenvolvem precocemente cor vermelha em grande parte da sua superfície. Causas e impactos da variabilidade da maturação das maçãs intracopa são discutidos.

Termos para indexação: *Malus × domestica* Borkh; Firmeza da polpa; Índice de amido; Colheita.

Variability of fruit maturity within the canopy for 'Gala' apple under southern Brazilian conditions

Abstract – This study was carried out to analyze the variability of apple fruit maturity within the canopy by analyzing the standard deviation of flesh firmness and starch index. Three experimental orchards were established in three growing sites in southern Brazil. In each experiment (site), apple trees of six 'Gala' apple strains (treatments) were planted on M.9 or Marubakaido rootstocks with M.9 interstem. All fruits from one plant per replicate were harvested on the same day – in the commercial harvest time – for all treatments, at each location, over two years. Flesh firmness and starch index were assessed for each fruit and the standard deviation of these maturity indices was assessed for each plant (replicate). The variability of apple fruit maturity within the canopy was the same for the six 'Gala' strains. The standard deviation was 3.2, 2.2 and 2.1lb for flesh firmness and 2.5, 2.1 and 2.3 for starch index (scale 1 to 9) in of Caçador, São Joaquim and Vacaria growing sites, respectively. The standard deviations of flesh firmness and starch index did not vary between rootstocks or were higher in apple trees on semi-vigorous rootstocks, depending on growing site. The high variability of maturity among fruit within the canopy shows the value of scheduled harvest (selective picking) in each tree, even for new cultivars whose fruit early develop red color over the most part of their surface. Causes and impacts of variability of apple fruit maturity within the canopy are discussed.

Index terms: *Malus × domestica* Borkh; Flesh firmness; Starch index; Harvest.

Introdução

Aproximadamente 65% da produção de maçãs no Brasil é de cultivares variantes de 'Gala' (KIST, 2019) e, nos últimos 20 anos, pomares de macieiras 'Gala', 'Royal Gala' e 'Imperial Gala' foram substituídos por pomares de macieiras variantes de 'Gala' como 'Baigent' (Brookfield™), 'Maxigala' e 'Galaxy'. As maçãs dessas novas varian-

tes de 'Gala' possuem coloração mais vermelha e têm maior valor comercial devido à maior preferência e disposição dos consumidores para comprá-las (CAREW, 2000; CAREW & SMITH, 2004; HAMADZIRIPI et al., 2014). A porcentagem de cor vermelha na superfície de maçãs bicolores é um dos principais critérios para classificação comercial em categorias de qualidade segundo normas legais (MAPA, 2006).

A variabilidade intracopa da qualidade e da maturação de maçãs tem sido demonstrada. Por exemplo, frutos das regiões mais externas da copa normalmente são maiores, mais avermelhados e apresentam maior teor de sólidos solúveis e matéria seca e menor acidez que maçãs do interior da copa (VOLZ et al., 1993; NILSSON & GUSTAVSSON, 2007; HAMADZIRIPI et al., 2014; KVIKLYS et al., 2022). O amarelecimento da

Recebido em 12/07/2022. Aceito para publicação em 21/11/2022.

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i3.1527>

¹ Engenheiro-agrônomo. D.Sc., Epagri, Estação Experimental de Caçador, C.P. 591, 89501-032, Caçador, SC, Brasil. E-mail: argenta@epagri.sc.gov.br (ORCID: 0000-0001-9614-0523)

² Engenheiro-agrônomo. Dr., Proterra Engenharia Agrônoma Ltda., Estrada Federal BR 116, nº 7320, 95200-000, Vacaria, RS, Brasil. E-mail: viniciusbartnicki@gmail.com (ORCID 0000-0003-3204-8968)

epiderme também é menor nas maçãs da base e interior da copa (TUSTIN et al., 1988; VOLZ et al., 1993). Entretanto, embora as maçãs das regiões do topo e do exterior da copa pareçam visualmente mais maduras, elas podem ser fisiologicamente mais imaturas, pois exibem menor produção de etileno que maçãs da base e do interior da copa (FARHOOMAND et al., 1977; KALCSITS et al., 2019). O aumento climatérico da produção de etileno ocorre na mesma época em maçãs do interior e do exterior da copa, embora a taxa de produção de etileno seja maior nas maçãs do interior da copa (NILSSON & GUSTAVSSON, 2007). O índice de degradação de amido é maior nas maçãs da base da copa em 'Red Delicious', 'Royal Delicious' (KRISHNAPRAKASH et al., 1983; BARRITT et al., 1987) e 'Golden Delicious' (HAMADZIRIPI et al., 2014) mas ele não se relaciona significativamente com a posição da copa em 'Honeycrisp' (KALCSITS et al., 2019), 'Starking' e 'Granny Smith' (HAMADZIRIPI et al., 2014). Variação da firmeza da polpa de maçãs entre posições da copa também foram demonstradas (KRISHNAPRAKASH et al., 1983; BARRITT et al., 1987; VOLZ et al., 1993), embora seja menos frequente que as variações dos demais indicadores da maturação (HAMADZIRIPI et al., 2014; DALLABETTA et al., 2017; KVIKLYS et al., 2022). Já a concentração de cálcio é maior e a incidência de *Bitter Pit* é menor nas maçãs da parte superior da copa (KALCSITS et al., 2019). Essa variação da maturação na copa de macieiras ocorre mesmo em sistemas de condução para plantio em alta densidade (KALCSITS et al., 2019), embora possivelmente seja menor em novos sistemas de condução que reduzem a variação intracopa da temperatura e a incidência de luz (ex: V-trelis e Multi-líder) (DALLABETTA et al., 2017).

Quanto maior a variabilidade da qualidade e maturação entre maçãs na planta, maior a necessidade de práticas de colheita por repasses. Desta forma, reduz-se a desuniformidade da qualidade das maçãs expedidas ao mercado

logo após a colheita ou depois da armazenagem. Estudo recente mostra que as maçãs dos principais cultivares variantes de 'Gala' plantados no Brasil não diferem quanto à evolução da maturação na planta, nem quanto à conservação da qualidade após a armazenagem (ARGENTA et al., 2021). No entanto, não há relatos na literatura se esses cultivares variantes de 'Gala' diferem quanto à variabilidade da maturação entre as maçãs na copa.

Por isso, o presente estudo foi conduzido para quantificar a variabilidade intracopa da maturação de maçãs de seis cultivares variantes de 'Gala' sobre dois porta-enxertos e em três regiões de cultivo, pela análise do desvio-padrão da firmeza de polpa e pelo índice de amido.

Material e métodos

Três experimentos foram implantados nas estações experimentais da Epagri Caçador, Epagri São Joaquim e Embrapa Vacaria (três regiões), no sul do Brasil, em 2007. Em cada experimento (região), foram plantadas macieiras 'Royal Gala', 'Imperial Gala', 'Gala Real', 'Maxi Gala', 'Galaxy' e 'Baigent' sobre porta-enxerto M.9 no espaçamento de 1,0 x 3,5m e sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro M.9 no espaçamento de 1,4 x 4m. As macieiras foram conduzidas no sistema de líder central e práticas padrões para o manejo do pomar (fertilização do solo, quebra de dormência, controle de pragas e doenças) foram seguidas de acordo com as diretrizes locais (EPAGRI, 2018).

Os frutos foram colhidos no 5º e 6º ano após o plantio, no período de colheita comercial previsto por análises antecipadas do índice de amido das plantas da bordadura. As colheitas foram realizadas nos dias 13/2/2012 e 4/2/2013 em Caçador, 15/2/2012 e 6/2/2013 em Vacaria e 23/2/12 e 14/2/13 em São Joaquim. Os frutos de todos os tratamentos (cultivar x porta-enxerto) foram colhidos no mesmo dia em cada local e

ano. Todos os frutos de uma planta por repetição foram colhidos no mesmo dia (colheita em um único repasse) para todos os tratamentos.

A análise dos frutos se estendeu por dois dias após a colheita devido ao grande número de frutos analisados. Para minimizar risco de erro experimental, escalonaram-se as análises dos frutos por repetição e não por tratamento.

A firmeza da polpa e o índice de amido foram determinados para cada fruto. A firmeza foi determinada em um ponto por fruto, na região equatorial descascada, na transição do lado mais avermelhado (mais exposto ao sol) e do lado menos avermelhado (menos exposto ao sol), usando um penetrômetro digital com uma ponteira de 11mm de diâmetro de acionamento motorizado (Güss, Strand, África do Sul).

Para análise do teor de amido mergulhou-se a secção transversal equatorial de cada fruto numa solução de I-KI (24g L⁻¹ IK + 12g L⁻¹ I) por um minuto. O índice de amido foi determinado usando uma escala de 1 a 9, onde o índice 1 (100% da secção transversal da polpa corada pelo complexo iodo-amido) indicava alto teor de amido e fruto imaturo, e o índice 9 (secção transversal da polpa não corada pelo complexo iodo-amido) indicava teor de amido próximo a zero e fruto maduro.

Em cada pomar experimental (local), o experimento seguiu um delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 6 x 2 (seis cultivares variantes de 'Gala' e dois porta-enxertos), com 3 repetições. Em cada bloco havia dez plantas, mas apenas uma planta por bloco foi usada para este estudo (uma planta por repetição). Assim, a unidade experimental foi composta por todos os frutos de uma planta por bloco e ano (n = 6, correspondendo a 3 repetições e 2 anos). O desvio-padrão da firmeza da polpa e do índice de amido foram determinados para cada planta (repetição) e ano. Assim, o desvio-padrão foi usado como medida do grau de variação dos valores de firmeza e índice de amido em

torno da média da população de frutos de cada planta.

Os dados de desvio padrão de cada tratamento e repetição foram submetidos à análise de variância (Anova) para determinar os efeitos principais e das interações. Quando os efeitos principais ou interações foram significativos, as médias do desvio-padrão foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). Os dados dos dois anos (2012 e 2013) foram analisados em conjunto ($n=6$).

Resultados e discussão

O desvio-padrão da firmeza da polpa foi o mesmo para todos os cultivares variantes de 'Gala' sendo 3,2, 2,2 e 2,1lb nas macieiras cultivadas nas regiões de Caçador, São Joaquim e Vacaria, respectivamente (Tabela 1). Da mesma forma, o desvio-padrão do índice de amido foi o mesmo para todos os cultivares, sendo 2,5, 2,1 e 2,3 nas regiões de Caçador, São Joaquim e Vacaria, respectivamente (Tabela 2).

O efeito do porta-enxerto sobre o desvio-padrão da firmeza de polpa e do índice de amido foi pequeno e inconsistente. O desvio-padrão da firmeza de polpa foi maior nas plantas sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro M.9 em relação ao das plantas sobre porta-enxerto M.9 especificamente para os cultivares Imperial Gala, Real Gala e Maxi Gala cultivados em Caçador (Tabela 1). Semelhantemente, o desvio-padrão do índice de amido foi maior nas plantas sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro M.9, apenas na região de São Joaquim.

Esses resultados indicam que a variabilidade da maturação das maçãs na copa é a mesma para os seis cultivares variantes de 'Gala' e pode ser levemente maior nas plantas sobre porta-enxerto mais vigoroso, dependendo do cultivar e do local de crescimento das macieiras.

Estudos anteriores sugerem que a variabilidade da qualidade e da maturação de maçãs na copa de uma macieira no período de colheita comercial pode

Tabela 1. Desvio-padrão da firmeza de polpa (lb) de maçãs dentro da copa de macieira de seis cultivares variantes de 'Gala' enxertadas sobre dois porta-enxertos e cultivadas em três regiões. Toda população de maçãs de cada macieira de todos os tratamentos foi colhida no mesmo dia em cada região e analisada em 48h após da colheita. Dados de 2012 e 2013 foram analisados em conjunto ($n=6$)

Table 1. Standard deviation of flesh firmness (lb) of apple fruit within the canopy of six 'Gala' apple strains grafted onto two rootstocks and cultivated in three regions. All fruit from each apple tree of all treatments were harvested on the same day in each region and analyzed within 48h after harvest. Data from 2012 and 2013 were pooled for statistical analyses ($n=6$)

Cultivar mutante	Porta-enxerto		Média
	Marubakaido/M.9	M.9	
Caçador, SC			
Royal Gala	3,31Aa	3,20Aa	3,24 ^{ns}
Imperial Gala	3,85Aa	2,97Ba	3,40
Gala Real	3,49Aa	2,36Ba	2,93
Maxi Gala	4,28Aa	2,75Ba	3,51
Galaxy	3,22Aa	2,95Aa	3,08
Baigent	3,78Aa	2,77Aa	3,26
Média	3,67A	2,84B	3,24
CV (%)			5,18
Vacaria, RS			
Royal Gala	2,17	2,12	2,14 ^{ns}
Imperial Gala	2,14	2,23	1,94
Gala Real	2,14	2,05	2,09
Maxi Gala	2,30	1,89	2,09
Galaxy	2,23	2,07	2,16
Baigent	2,19	2,18	2,19
Média	2,19 ^{ns}	2,09	2,14
CV (%)			3,26
São Joaquim, SC			
Royal Gala	2,27	2,27	2,27 ^{ns}
Imperial Gala	2,43	-	2,43
Gala Real	1,85	2,12	1,98
Maxi Gala	2,25	2,14	2,18
Galaxy	2,27	2,36	2,32
Baigent	2,25	2,25	2,25
Média	2,23 ^{ns}	2,23	2,23
CV (%)			2,79

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Means followed by the same letter, lowercase in columns and uppercase in rows, do not differ from each other by Tukey's test ($p < 0.05$).

estar relacionada a vários fatores. A variação na interceptação de radiação e a temperatura entre posições da copa, por exemplo, podem afetar o desenvolvimento dos frutos de forma direta por estimular acúmulo de pigmentos vermelhos na superfície ou de forma indireta por aumentar a fotossíntese e o acúmulo de carboidratos de reserva (ROBINSON et al., 1983; VOLZ et al., 1993; HAMADZIRIPI et al., 2014). Segundo Fouché et al. (2010), a densidade de radiação pode ser 29 vezes menor e a temperatura da superfície dos frutos 5°C menor no interior da copa em relação à região externa da copa. Essa variação intracopa da temperatura e a exposição à radiação também afetam a transpiração das folhas e dos frutos, o fluxo xilemático de nutrientes minerais e o desenvolvimento dos frutos (BARRITT et al., 1987; KALCSITS et al., 2019). Adicionalmente, a variabilidade da maturação das maçãs na copa pode estar associada à idade do ramo, ao vigor e à posição da gema florífera que deu origem ao fruto (VOLZ et al., 1993). A iniciação, a diferenciação morfológica e o vigor das gemas floríferas variam entre as diferentes estruturas de frutificação de uma macieira, especialmente em regiões de clima subtropical (FRANCESCETTO, 2014), podendo contribuir para desuniformidade do crescimento e maturação das maçãs na copa. Farhoomand et al. (1977) sugerem que a variabilidade da maturação entre frutos numa macieira pode estar em parte relacionada à ação de reguladores de crescimentos derivados da vegetação nas proximidades dos frutos que podem influenciar a produção de etileno e ou a sensibilidade dos frutos ao etileno, enquanto ligados à planta. Nesse sentido, a maior variabilidade intracopa da maturação de maçãs sobre porta-enxerto mais vigoroso (Marubakaido com filtro M.9) pode estar relacionada à maior variabilidade intracopa da interceptação de radiação, da temperatura, da produção e partição de carboidratos, do aporte de nutrientes minerais e de seus eventuais impactos na iniciação, dura-

Tabela 2 – Desvio-padrão para o índice de amido (escala 1-9) de maçãs dentro da copa de macieira de seis cultivares variantes de 'Gala' enxertadas sobre dois porta-enxertos e cultivadas em três regiões. Toda população de maçãs de cada macieira de todos os tratamentos foi colhida no mesmo dia em cada região e analisadas em 48 h após da colheita. Dados de 2012 e 2013 foram analisados em conjunto (n=6)

Table 2. Standard deviation of the starch index (scale 1-9) of apple fruit within the canopy of six 'Gala' apple strains grafted onto two rootstocks and cultivated in three regions. All fruit from each apple tree of all treatments were harvested on the same day in each region and analyzed within 48h after harvest. Data from 2012 and 2013 were pooled for statistical analyses (n=6)

Clone mutante	Porta-enxerto		Média
	Marubakaido/M.9	M.9	
Caçador, SC			
Royal Gala	2,5	2,3	2,4 ^{ns}
Imperial Gala	2,6	2,6	2,6
Gala Real	2,4	2,4	2,4
Maxi Gala	2,7	2,5	2,6
Galaxy	2,5	2,6	2,6
Baigent	2,5	2,6	2,6
Média	2,5 ^{ns}	2,5	2,5
CV (%)	-	-	6,0
Vacaria, RS			
Royal Gala	2,5	2,5	2,5 ^{ns}
Imperial Gala	2,1	2,4	2,2
Gala Real	2,5	2,6	2,5
Maxi Gala	2,1	2,4	2,2
Galaxy	2,2	2,2	2,2
Baigent	2,0	2,5	2,2
Média	2,2 ^{ns}	2,4	2,3
CV (%)	-	-	12,2
São Joaquim, SC			
Royal Gala	2,2	1,9	2,0 ^{ns}
Imperial Gala	2,1	-	2,1
Gala Real	2,1	2,1	2,1
Maxi Gala	2,3	1,9	2,1
Galaxy	2,4	2,1	2,2
Baigent	2,2	2,1	2,1
Média	2,2A	2,0B	2,1
CV (%)	-	-	8,8

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Means followed by the same letter, lowercase in columns and uppercase in rows, do not differ from each other by Tukey's test ($p<0,05$).

ção e vigor do crescimento e desenvolvimento das estruturas de frutificação e dos frutos.

A variabilidade da maturação e da qualidade de maçãs na copa de uma macieira pode ser identificada visualmente pela variação da cor de fundo – da região menos exposta ao sol e menos avermelhada da superfície dos frutos (verde, creme ou amarelo-laranja) (ARGENTA et al., 2010) e pela extensão da área superficial com cor vermelha. Esses critérios têm sido usados para colheita seletiva de maçãs bicolors incluindo 'Gala', 'Royal Gala' e 'Imperial Gala'. Assim, maçãs desses cultivares são colhidas escalonadamente em dois a quatro repasses, dependendo da disponibilidade de mão de obra, do tamanho do pomar, do tamanho da copa (porta-enxerto e método de manejo) e das condições climáticas etc. No entanto, as maçãs dos novos cultivares variantes de 'Gala', tais como 'Baigent', 'Galaxy' e 'Maxi Gala', desenvolvem precocemente coloração vermelha (atributo de qualidade) em mais de 70% da superfície dos frutos (ARGENTA et al., 2021), dificultando a visualização da mudança na cor do fundo de verde para creme ou amarelo (índice de maturação). Isso encoraja os produtores a colher as maçãs em apenas um repasse para aumentar a eficiência e reduzir custos de colheita. Assim, quando essas maçãs de cultivares mais avermelhados são colhidas em uma única passada, elas podem ter uma aparência uniforme quanto à cor vermelha, mas apresentam grande variabilidade nos índices de maturação, tais como firmeza de polpa e índice de amido.

Considerando que os pressupostos de normalidade e homogeneidade da variância dos dados do presente estudo foram atendidos, os valores de desvio-padrão permitem estimar a incidência de maçãs em diferentes faixas de firmezas da polpa na copa das macieiras. Nesse sentido, assumindo que todas as maçãs de uma macieira tenham sido co-

lhidas num único repasse e que a média e o desvio-padrão da firmeza da polpa dessas maçãs tenham sido 17lb e 2,23lb, respectivamente, então há uma probabilidade de 95% de que 68% das maçãs de uma macieira tenham firmeza entre 14,77 e 19,23lb, que 16% das maçãs tenham menos de 14,77lb e 2,5% das maçãs tenham menos de 12,54lb, conforme ilustrado na Figura 1. Essa alta variabilidade no estágio de maturação das maçãs colhidas é indesejável, porque o potencial de conservação da qualidade de maçãs 'Gala' varia em função do índice de maturação no momento da colheita (ARGENTA & MONDARDO, 1994). O risco de a maçã 'Gala' ser afetada por escurecimento da polpa e podridões é maior quando colhida com firmeza < 14,7lb que quando colhida com firmeza de 17lb (ARGENTA et al., 2018).

Conclusões

- Os seis cultivares de maçãs variantes de 'Gala' não diferem quanto à variabilidade de maturação das maçãs na copa, considerando as medidas de firmeza da polpa e do índice de amido;
- O desvio-padrão de firmeza da polpa de maçãs intracopa varia de 2,1 a 3,2 lb, dependendo da região de crescimento das macieiras;
- O desvio-padrão da firmeza da polpa e do índice de amido intracopa pode ser maior nas macieiras enxertadas sobre Marubakaido com filtro de M.9 que sobre M.9, dependendo da região de crescimento das macieiras.

Agradecimentos

A Cleiton A. de Souza e Karyne S. Bettinelli, pelo apoio na colheita e análise

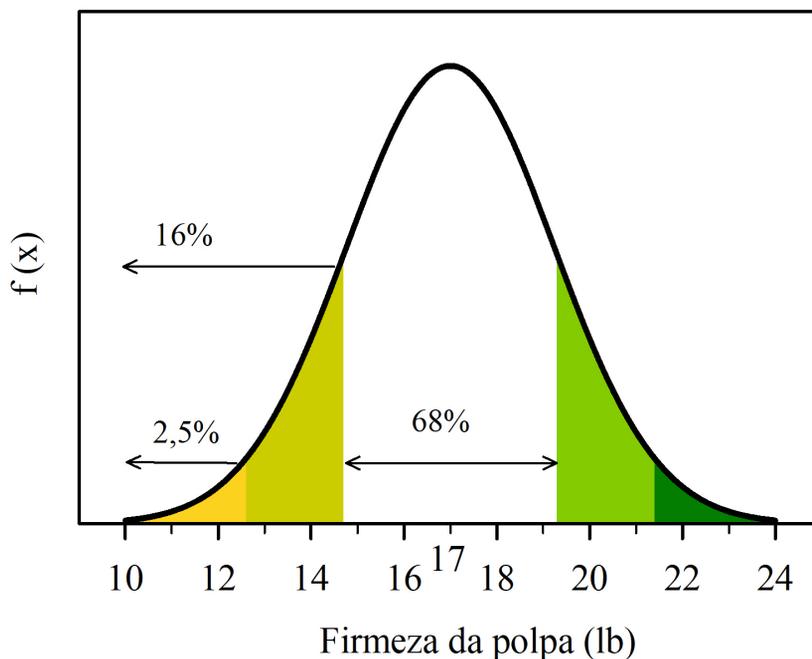


Figura 1. Modelo de distribuição normal (modelo de probabilidade – Gauss de 3 parâmetros) para frequência de maçãs com diferentes firmezas de polpa estimada a partir dos valores de firmeza da polpa média de 17lb e desvio-padrão de 2,23lb. Setas no interior da figura indica que 68% da população das maçãs de uma macieira tem firmeza da polpa entre 14,77 e 19,23lb, 16% da população das maçãs apresentam firmeza da polpa inferior a 14,77lb e 2,5% da população das maçãs possuem firmeza da polpa inferior a 12,54lb

Figure 1. Normal distribution model (Gauss probability model for 3-parameter) for the frequency of apples with different flesh firmness estimated from mean flesh firmness values of 17lb and standard deviation of 2.23lb. Arrows inside the figure indicate that 68% of apples of an apple tree has flesh firmness between 14.77 and 19.23lb, 16% of apples have flesh firmness less than 14.77lb and 2.5% of apples has flesh firmness less than 12.54lb

das maçãs. À Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (Fapesc) e à Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), pelo apoio financeiro.

Referências

- ARGENTA, L.C.; MONDARDO, M. Maturação na colheita e qualidade de maçãs 'Gala' após a armazenagem. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.6, n.2, p.135-140, 1994.
- ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; SCOLARO, A. M. T. Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e do ponto de colheita de maçã. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.23, n.3, p.71-77, 2010.
- ARGENTA, L. C.; SCOLARO, A. M. T.; DO AMARANTE, C. V. T.; VIEIRA, M. J. Preharvest treatment of 'Gala' apples with 1-MCP and AVG – II: Effects on fruit quality after storage. **Acta Horticulturae**, v. 1194, p. 127-133, 2018. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1194.20
- ARGENTA, L. C.; DO AMARANTE, C. V. T.; BRANCHER, T. L.; BETINELLI, K. S.; BARTINICK, V. A.; NESI, C. N. Comparison of fruit maturation and quality of 'Gala' apple strains at harvest and after storage. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.43, n.1, p.1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452021285>
- BARRITT, B.H.; ROM, C.R.; GUELICH, K.R.; DRAKE, S.R.; DILLEY, M.A. Canopy position and light effects on spur, leaf, and fruit characteristics of 'Delicious' Apple. **HortScience**, v.22, n.3, p.402-405, 1987. DOI: <https://doi.org/10.21273/hortsci.22.3.402>
- BROOKFIELD, P.L.; HUGHES, J.G.; WATKINS, C.B. Fruit maturity and quality of selectively picked 'royal gala' apples. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.21, n.2, p.183-187, 1993.
- CAREW, R. A hedonic analysis of apple prices and product quality characteristics in British Columbia. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v.48, n.3, p.241-257, 2000. DOI: 10.1111/j.1744-7976.2000.tb00278.x
- CAREW, R.; SMITH, E. G. The value of apple characteristics to wholesalers in western Canada: A hedonic approach. **Canadian Journal of Plant Science**, v.84, n.3, p.829-835, 2004. <https://doi-org.ez74.periodicos.capes.gov.br/10.4141/P03-164>
- DALLABETTA, N.; COSTA, F.; GUERRA, A.; PASQUALINI, J.; GIORDAN, M.; ZORER, R.; WEHRENS, R.; GEORGE, E.; MAGNANINI, E.; COSTA, G. Effects of light availability and training systems on apple fruit quality. **Acta Horticulturae**, v. 1160, p. 237-244, 2017. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1160.3
- EPAGRI. **Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2018. 136 p. (Sistema de Produção, v. 50).
- FARHOOMAND, M.B.; PATTERSON, M.E.; CHU, C.L. The ripening pattern of 'Delicious' apples in relation to position on the tree. **Journal American Society for Horticultural Science (USA)**, 1977.
- FOUCHÉ, J.R.; ROBERTS, S.C.; MIDGLEY, S.J.; STEYN, W.J. Peel color and blemishes in 'Granny Smith' apples in relation to canopy light environment. **HortScience**, v.45, n.6, p.899-905, 2010. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.6.899>
- FRANCESCATTO, P. **Desenvolvimento das estruturas reprodutivas da macieira (*Malus domestica* Borkh.) sob diferentes condições climáticas: da formação das gemas à colheita dos frutos**. 2014. 239 f. Doutorado (Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina), Florianópolis. 2014.
- HAMADZIRIPI, E. T.; THERON, K. I.; MULLER, M.; STEYN, W. J. Apple compositional and peel color differences resulting from canopy microclimate affect consumer preference for eating quality and appearance. **HortScience**, v.49, n.3, p.384-392, 2014. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.3.384>
- KALCSITS, L.; MATTHEIS, J.; GIORDANI, L.; REID, M.; MULLIN, K. Fruit canopy positioning affects fruit calcium and potassium concentrations, disorder incidence, and fruit quality for 'Honeycrisp' apple. **Canadian Journal of Plant Science**, v.99, n.5, p.761-771, 2019. <https://doi-org.ez74.periodicos.capes.gov.br/10.1139/cjps-2019-0017>
- KIST, B. B. **Anuário brasileiro da maçã - Brazilian Apple Yearbook**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2019. 56 p. 2446-8657.
- KRISHNAPRAKASH, M. S.; ARAVINDAPRASAD, B.; KRISHNAPRASAD, C. A.; NARASIMHAM, P.; ANANTHAKRISHNA, S. M.; DHANARAJ, S.; GOVINDARAJAN, V. S. Effect of apple position on the tree on maturity and quality. **Journal of Horticultural Science**, v.58, n.1, p.31-36, 1983.
- KVIKLYS, D.; VIŠKELIS, J.; LIAUDANSKAS, M.; JANULIS, V.; LAUŽIKĖ, K.; SAMUOLIENĖ, G.; USELIS, N.; LANAUŠKAS, J. Apple fruit growth and quality depend on the position in tree canopy. **Plants**, v.11, n.2, p.196, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11020196>
- MAPA. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã. Instrução Normativa, 5**. Brasília, 2006. Available at: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortaIMapa&chave=805793610>. Accessed on: 01 Jun. 2022.
- NILSSON, T.; GUSTAVSSON, K. E. Postharvest physiology of 'Aroma' apples in relation to position on the tree. **Postharvest Biology and Technology**, v.43, n.1, p.36-46, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.07.011>
- ROBINSON, T.; SEELEY, E.; BARRITT, B. Effect of light environment and spur age on "Delicious" apple fruit size and quality [*Malus domestica*]. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.108, p.855-861, 1983.
- TUSTIN, D.; HIRST, P. M.; WARRINGTON, I. Influence of orientation and position of fruiting laterals on canopy light penetration, yield, and fruit quality of 'Granny Smith' apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.113, p.693-699, 1988.
- VOLZ, R. K.; PALMER, J. W.; GIBBS, H. M. Within-tree variability in fruit quality and maturity for 'Royal Gala' apple. **Acta Horticulturae**, v.379, p.67-74, 1993.