

Agrupamento multivariado de curvas na desidratação em raízes de batata-doce

Alcinei Místico Azevedo¹, Valter Carvalho Andrade Junior², Ahmed Youssef Abdelnabi Mohamed Elsayed³, Elisângela Knoblauch Viegas Andrade⁴, Marcos Aurélio Miranda Ferreira⁵, Amanda Gonçalves Guimarães⁵

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, MG, Brasil. E-mail: alcineimistico@hotmail.com (ORCID: 0000-0001-5196-0851)

² Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, Lavras, MG, Brasil. E-mail: valter.andrade@dag.ufla.br (ORCID: 0000-0002-5010-7725)

³ Horticulture Research Institute, Breeding Research Department for Vegetable Crops, Medicinal and Aromatic Plants, Giza, Egypt. E-mail: ahmedtohy@yahoo.com (ORCID: 0000-0003-0287-2251)

⁴ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. E-mail: elisangelak_agronomia@hotmail.com (ORCID: 0000-0001-5052-7183)

⁵ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Diamantina, MG, Brasil. E-mail: marcosmamf23@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0002-9374-8127); amandaguiumaraes@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0003-0761-8287)

RESUMO: Minimizar as perdas pós-colheitas durante o armazenamento da batata-doce é imprescindível para o produtor e consumidor. Com isso, a utilização do uso de ferramentas estatísticas que vise selecionar os genótipos superiores que detenham boas características na pós-colheita contribuirá com os programas de melhoramento. Assim, objetivou-se demonstrar a aplicabilidade da técnica do agrupamento multivariado de curvas como alternativa no estudo pós-colheita, na desidratação de raízes entre acessos de batata-doce. Foram avaliados 74 acessos de batata-doce conduzidos no delineamento em blocos ao acaso em quatro repetições. As raízes foram armazenadas em caixas plásticas em temperatura ambiente e a perda de matéria fresca foi mensurada nos tempos 0, 4, 8, 12 e 16 dias após a colheita. O agrupamento multivariado baseou-se na distância euclidiana e no método de otimização de Tocher em curvas ajustadas por meio de modelos lineares e não-lineares. O modelo não-linear de melhor ajuste foi o Brody o que possibilitou a discriminação de acessos com maior e menor desidratação. A estatística do agrupamento multivariado de curvas mostrou-se eficiente no estudo da pós-colheita em raízes de acessos de batata-doce.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*; medidas repetidas; multivariada; regressão não-linear

Multivariate clustering of curves on dehydration in sweet potato roots

ABSTRACT: Minimizing post-harvest losses during sweet potato storage is imperative for the producer and consumer. Therefore, the use of statistical tools to select the superior genotypes that have good post-harvest characteristics will contribute to breeding programs. The aim of this study was to demonstrate the applicability of the multivariate clustering technique as an alternative in the post-harvest study on root dehydration among sweet potato accessions. A total of 74 accessions of sweet potatoes were evaluated in a randomized complete block design in four replicates. The roots were stored in plastic boxes at room temperature and the loss of fresh matter was measured on times 0, 4, 8, 12 and 16 days after harvest. The multivariate clustering was based on the Euclidean distance and the Tocher optimization method on adjusted curves using linear and nonlinear models. The non-linear best fit model was Brody, which allowed the discrimination of accesses with higher and lower dehydration. The multivariate grouping of curves was efficient in the post-harvest study on sweet potato access roots.

Key words: *Ipomoea batatas*; repeated measures; multivariate; nonlinear regression

Introdução

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma hortaliça tuberosa disseminada em todo território brasileiro, caracterizando-se por sua rusticidade, baixo custo de produção, ampla adaptação a diferentes ambientes e por sua tolerância à seca (Andrade Junior et al., 2012). É uma hortaliça rica em açúcares e vitaminas, sendo fonte energética tanto para a alimentação humana quanto animal (Viana et al., 2011). Apesar destas importâncias, o prolongamento do período de conservação e a melhoria das características nutricionais da batata-doce vêm ganhando relevância, tanto nos programas de melhoramento, quanto na apreciação pelos consumidores (Pedrosa et al., 2015).

Nesse contexto, a massa da matéria fresca das raízes de batata-doce é uma característica que diz respeito ao acúmulo da quantidade de substâncias de reserva (Rós et al., 2014) e avaliar sua perda durante o armazenamento é essencial para selecionar genótipos com menor declínio da qualidade pós colheita, possibilitando minimizar as perdas pós-colheitas, e que associados com outras características como firmeza, acidez titulável, pH e vitaminas poderão indicar quais genótipos possuem uma adequada conservação (Pimentel et al., 2010).

O estudo pós-colheita em vegetais, geralmente, é feito por meio de avaliações sucessivas em cada unidade experimental no decorrer do tempo. Neste caso, os genótipos correspondem aos tratamentos do nível "A", que são distribuídos aleatoriamente nas parcelas, enquanto que as sucessivas avaliações correspondem ao nível "B". Experimentos dessa natureza têm sido analisados como parcelas subdivididas no tempo (Freitas et al., 2011; Cestari et al., 2012).

No entanto, esta abordagem estatística apresenta inconvenientes teóricos, pois as avaliações nos diferentes tempos não podem ser alocadas aleatoriamente às subparcelas (Freitas et al., 2011). Além disso, as análises em parcelas subdivididas assumem que as respostas de diferentes tempos na mesma parcela são igualmente correlacionadas, o que não é verdade. Uma consequência imediata de se ignorarem diferentes correlações é que a significância aparente da diferença entre as médias dos tratamentos é exagerada e a sensibilidade dos testes para interação é reduzida (Cecon et al., 2008).

Uma forma simples e eficiente de se estudar o declínio da qualidade dos vegetais em função do tempo após a colheita é o método gráfico, onde cada curva representa um tratamento (Azevedo et al., 2015). Porém, quanto o número de tratamentos é elevado, a representação gráfica torna-se inviável e de difícil visualização (Azevedo et al., 2012). Nestes casos, o agrupamento de curvas por análise multivariada torna-se uma estratégia viável (Laurindo et al., 2015), facilitando a representação gráfica e seleção dos genótipos superiores (Fiorini et al., 2010).

O agrupamento multivariado baseado nos coeficientes do modelo agrupam vários genótipos de acordo com a similaridade do formato da curva, e consequentemente, com a similaridade de sua performance no decorrer do

tempo de avaliação. De acordo com Maia et al. (2009) essa ferramenta tem grande potencial na comparação de curvas, sendo uma estratégia que pode ser mais viável que os testes de identidade de modelo. Devido sua utilidade, o agrupamento multivariado de curvas vem sendo utilizada no estudo do progresso de doenças como a requeima em tomateiro (Fiorini et al., 2010; Azevedo et al., 2012; Laurindo et al., 2015), para o estudo de curvas de produção de café (Cecon et al., 2008), em curvas de crescimento de ovinos (Silveira et al., 2011) e para descrever o acúmulo de matéria seca em plantas de alho (Puiatti et al., 2013).

Porém, o estudo relacionado na pós-colheita em raízes de batata-doce com o uso do agrupamento multivariado de curvas ainda não tem sido abordado, isso remete a adoção de um método estatístico que vise selecionar os genótipos superiores que detenham boas características na pós-colheita. Portanto, objetivou-se demonstrar a aplicabilidade da técnica do agrupamento multivariado de curvas como alternativa no estudo pós-colheita na desidratação em raízes de diferentes acessos de batata-doce.

Material e Métodos

O experimento foi instalado no setor de olericultura localizado no Campus JK da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM - (18°12'01''S, 43°34'20''O, altitude de 1.387 m) com temperatura média de 20.5 °C e precipitação média de 176 mm durante o experimento de novembro de 2012 a maio de 2013 (Inmet - Boletim Agroclimatológico Mensal 2012/2013). As ramas de batata-doce, pertencentes ao banco do germoplasma da UFVJM, foram retiradas no dia 13 de novembro de 2012 e plantadas em bandejas de 128 células utilizando substrato comercial. O transplântio das mudas para o campo foi realizado 37 dias após plantio (DAP).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições, contendo 74 acessos de batata-doce. A área para o plantio foi preparada por meio de uma aração e duas gradagem e, posteriormente, o terreno foi sulcado para as formações das leiras. As parcelas constaram de uma fileira de 2,4 m de comprimento, utilizando o espaçamento de 1,0 m entre fileiras, por 0,30 m entre plantas, totalizando oito plantas por parcela. A adubação do solo foi feita considerando o resultado da análise química do solo e as recomendações para cultura (Filgueira, 2008).

A colheita das raízes foi realizada após seis meses de transplântio e armazenada em caixas plásticas em temperatura ambiente (23 ± 2°C) por 16 dias. A perda acumulada de matéria fresca (PAMF) foi avaliada por meio da média de 10 raízes comerciais de cada parcela por acesso em cinco tempos de armazenamento (0, 4, 8, 12 e 16) dias após a colheita e obtida pela seguinte equação 1:

$$PAMF_i = 100 \left(\frac{P_o - P_i}{P_o} \right) \quad (1)$$

em que: $PAMF_i$ é a perda acumulada de matéria fresca no tempo i , P_0 é o peso das raízes de batata-doce no momento da colheita e P_i é o peso das raízes de batata-doce no dia i .

Para modelar a perda acumulada de matéria fresca em função do tempo de avaliação, adotou-se metodologia estatística similar a descrita por Laurindo et al. (2015). Além dos modelos Linear ($y_i = a + bx_i + e_i$), Quadrático ($y_i = a + bx_i + cx_i^2 + e_i$) e cúbico ($y_i = a + bx_i + cx_i^2 + dx_i^3 + e_i$), foram testados também modelos não-lineares, tais como: 1) Logístico: ($y_i = a/(1 + b(\exp(-cx_i))) + e_i$); 2) von Bertalanffy: ($y_i = a(1 - b(\exp(-cx_i)))^3 + e_i$); 3) Brody: ($y_i = a(1 - b(\exp(-cx_i))) + e_i$); 4) Gompertz: ($y_i = a(\exp(-b(\exp(-cx_i)))) + e_i$); 5) Mitscherlich: ($y_i = a(1 - \exp(bc - cx_i)) + e_i$); 6) Melow I: ($y_i = a - b(\exp(-cx_i)) + e_i$); 7) Melow II: ($y_i = a - \exp(-b - cx_i) + e_i$); 8) Exponencial: ($y_i = a(\exp(bx_i)) + e_i$); e, 9) Logaritmo: ($y_i = a/(1 + \exp(b - cx_i)) + e_i$). Segundo Silveira et al. (2011) os coeficientes dos modelos não-lineares apresentam interpretação biológica, sendo que o parâmetro \hat{a} representa a média final, b não apresenta interpretação prática e \hat{a} a taxa de progresso.

Todas as análises estatísticas foram feitas no software R (R Core Team, 2017). Para o ajuste dos modelos lineares utilizou-se a função *lm*, e para o ajuste de modelos não-lineares a função *nls*, ambas do pacote *stats*. Para a seleção do modelo mais adequado, considerou-se como avaliadores da qualidade do ajuste o Critério de Informação de Akaike (AIC), Critério de Informação Bayesiano (BIC), Coeficiente de Determinação Ajustado ($R^2_{aj.}$) e Porcentagem de Convergência (Conv.).

Os coeficientes do melhor modelo ajustado foram submetidos à análise multivariada. Para isso, a fim de evitar a influência de diferentes escalas, as estimativas dos coeficientes foram padronizadas para média e desvio padrão. Posteriormente, foi estimada a matriz de dissimilaridade euclidiana a partir dos coeficientes padronizados pela função *dist* do pacote *stat*. Para o agrupamento dos acessos, recorreu-se ao método de otimização de Tocher com o auxílio da função *tocher* do pacote *biotools*.

Foram calculadas as médias da perda acumulada de matéria fresca para cada grupo de acessos formado pelo método Tocher. A partir destas médias foram feitos novos ajustes de regressão para a representação gráfica. Para a melhor interpretação dos resultados, calculou-se para cada grupo, a partir dos acessos que os compuseram, a média da perda acumulada de matéria fresca aos 16 dias e do índice de velocidade de desidratação obtido pela equação 2:

$$IVD = \sum_{i=0}^{16} \frac{PAMF_i}{n_i} \quad (2)$$

em que: IVD é o índice de velocidade de desidratação, $PAMF_i$ é a perda acumulada de matéria fresca no dia i , n_i é o número do i -ésimo dia de avaliação.

Resultados e Discussão

Para averiguar a perda acumulada de matéria fresca em raízes de batata-doce, os coeficientes indicativos de qualidade

do ajuste utilizados são importantes na seleção de modelos, sendo eles: o Critério de Informação de Akaike (AIC), Critério de Informação Bayesiano (BIC), Coeficiente de Determinação Ajustado ($R^2_{aj.}$) e Porcentagem de Convergência (Conv.).

De forma geral, foram encontrados valores altos e próximos do $R^2_{aj.}$ entre os modelos, com exceção dos modelos Exponencial (0,56) e Linear (0,73) com menores estimativas (Tabela 1).

Em relação à variabilidade relativa dos avaliadores, as estimativas $R^2_{aj.}$ apresentaram menor coeficiente de variação com valor de 14,22% (Tabela 1). Esses resultados corroboram com os dados das pesquisas realizadas por Silveira et al. (2011), afirmando que a baixa variabilidade deste parâmetro indica a importância de se considerar também outros avaliadores da qualidade do ajuste. Desta forma, destacou-se o modelo Brody, que além de estar entre os modelos com maior $R^2_{aj.}$ (0,98) apresentou baixos valores de AIC (21,949), BIC (20,387) e 100% de convergência (Tabela 1).

A partir da matriz de dissimilaridade foram obtidos, pelo método Tocher, a formação de 3 grupos, sendo que o primeiro foi composto por mais de 90% dos acessos avaliados (Tabela 2).

Desta forma, um novo agrupamento foi realizado considerando apenas os acessos pertencentes ao primeiro grupo, resultando na formação de 4 subgrupos (1a, 1b, 1c e 1d). Por meio do agrupamento multivariado de curvas, Cecon et al. (2008) explicaram o comportamento de 27 acessos de café com 8 grupos quanto a produtividade. Azevedo et al. (2012) explicaram o comportamento de 42 acessos de tomate dividindo-os em 6 grupos quanto a resistência a requeima e Fiorini et al. (2010) explicaram o comportamento de 27 acessos de tomate com 8 grupos quanto a resistência a requeima. Assim, o agrupamento multivariado baseado nos coeficientes do modelo agrupam os acessos de acordo com a

Tabela 1. Modelos ajustados e respectivos avaliadores da qualidade de ajuste da média da perda acumulada de matéria fresca em raízes de batata-doce submetidas ao armazenamento em temperatura ambiente. UFVJM, Diamantina, MG, 2012/2013.

Modelos	AIC ¹	BIC	R ² _{aj.}	Conv (%)
Linear	35,00	33,83	0,73	-
Quadrático	29,90	28,34	0,90	-
Cúbico	21,93	20,97	0,97	-
Logístico	26,69	25,12	0,95	100
Von Bertalanffy	23,98	22,42	0,97	100
Brody	21,95	20,39	0,98	100
Gompertz	24,98	23,42	0,96	100
Mitscherlich	21,82	20,25	0,98	96
Melow I	21,95	20,39	0,98	100
Melow II	21,82	20,25	0,98	96
Exponencial	37,89	36,72	0,56	100
Logaritmo	26,69	25,12	0,95	100
Média	26,22	24,69	0,91	99,1
Desvio padrão	5,46	5,62	0,13	44,85
Coeficiente de Variação (%)	20,81	22,76	14,22	45,25

¹AIC: Informação de Akaike; BIC: Critério de Informação Bayesiano; $R^2_{aj.}$: Coeficiente de Determinação Ajustado; e, Conv: Convergência.

Tabela 2. Grupos formados pelo método de otimização de Tocher quanto aos coeficientes do modelo ajustado à perda acumulada de matéria fresca de raízes de batata-doce submetidas ao armazenamento em temperatura ambiente. UFVJM, Diamantina, MG, 2012/2013.

Grupos	Acessos
1a	UFVJM-25, UFVJM-23, Coquinho, UFVJM-31, UFVJM-21, UFVJM-51, UFVJM-12, UFVJM-26, UFVJM-27, UFVJM-39, UFVJM-46, UFVJM-37, Cambraia, UFVJM-47, UFVJM-40, UFVJM-44, UFVJM-04, Marmel, UFVJM-45, UFVJM-03, UFVJM-18, Brazilândia Roxa, UFVJM-56, UFVJM-38, UFVJM-29, UFVJM-17, UFVJM-19, UFVJM-16, Brazilândia Branca, UFVJM-28, UFVJM-52, UFVJM-36, UFVJM-20, T Carro 1, Licuri, Batata mandioca, UFVJM-10, UFVJM-06, UFVJM-22, UFVJM-57, UFVJM-41, Brazilândia Rosada, UFVJM-35, UFVJM-15, UFVJM-53, UFVJM-49, UFVJM-13, UFVJM-55, UFVJM-24, UFVJM-08, Cariru vermelha, Beaugard, UFVJM-02, UFVJM-42, UFVJM-01, UFVJM-07, UFVJM-05, UFVJM-48, UFVJM-30, UFVJM-14, UFVJM-43, Espanhola
1b	Palmas, UFVJM-50, UFVJM-09
1c	Arruba, Princesa
1d	UFVJM-33, UFVJM-34
2	Brazilândia Branca, UFVJM-43, UFVJM-12, UFVJM-49
3	UFVJM-29

similaridade do formato da curva, e consequentemente, com a similaridade de sua performance no decorrer do tempo de avaliação (Silveira et al., 2011).

Verifica-se na Figura 1 que o grupo 3 (formado pelo acesso UFVJM-29) apresentou a menor perda de massa fresca. Esta informação é condizente com as menores estimativas dos coeficientes \hat{a} (-168,028), c (-0,008), perda acumulada de matéria fresca (23%) e menor índice de velocidade de desidratação (6,094) (Tabela 3), ou seja, este acesso apresenta menor perda de massa fresca e, consequentemente, tem efeito minimizador nas perdas pós-colheita, podendo ter melhor conservação juntamente com outras características como firmeza, acidez titulável, pH e vitaminas (Pimentel et al., 2010).

Entre os grupos restantes, o grupo 2 (Brazilândia Branca, UFVJM-43, UFVJM-12, UFVJM-49) apresentou menor perda acumulada de matéria fresca nos 12 primeiros dias (Figura 1) e menor índice de velocidade de desidratação (Tabela 3). Os acessos desse grupo também são recomendáveis, porém este grupo teve maior estimativa de perda acumulada de matéria fresca no décimo sexto dia, e consequentemente maior estimativa do coeficiente \hat{a} (Figura 1 e Tabela 3), não sendo indicado o armazenamento das raízes por grande período de tempo. Os acessos pertencentes aos grupos 1c e 1d (Arruba, Princesa, UFVJM-33 e UFVJM-34) apresentaram resultados inferiores, com maior perda de massa fresca no período de armazenamento (Figura 1), e consequentemente, maiores estimativas para os coeficientes \hat{a} , c , e índice de velocidade de desidratação (Tabela 3). Já os acessos pertencentes aos grupos 1a e 1b apresentaram o coeficiente c , o índice de velocidade de desidratação e a perda acumulada de matéria fresca intermediários aos demais acessos (Figura 1 e Tabela 3).

Tabela 3. Coeficiente do modelo ajustado, perda acumulada de matéria fresca no décimo sexto dia ($PAMF_{16}$) e índice de velocidade de desidratação (IVD) para raízes de batata-doce submetidas ao armazenamento em temperatura ambiente. UFVJM, Diamantina, MG, 2012/2013.

Grupos	¹ Coefficientes do modelo Brody			$PAMF_{16}$ (%)	IVD
	a	b	c		
1a	30,075	0,992	0,231	30,205	12,352
1b	31,248	1,002	0,171	29,151	10,839
1c	35,758	0,996	0,335	37,455	15,991
1d	35,607	0,991	0,198	35,589	13,470
2	434,367	1,000	0,005	36,236	9,162
3	-168,028	1,003	-0,008	23,693	6,094

¹a: média final; b: não apresenta interpretação prática; c: taxa de progresso.

As diferenças para que alguns acessos tenham perdido mais massa em relação a outros, podem estar relacionados,

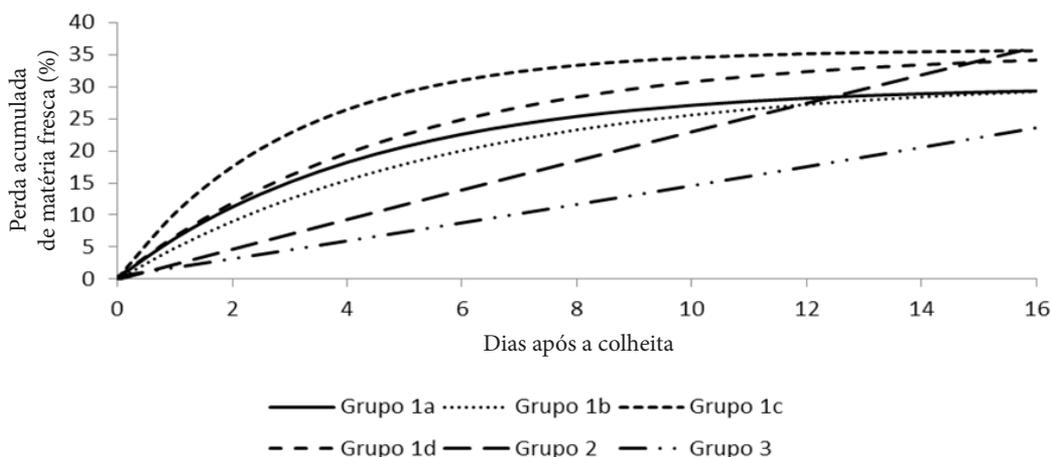


Figura 1. Curvas da perda acumulada de matéria fresca de raízes de batata-doce para grupos de acessos formados pelo método Tocher. UFVJM, Diamantina, MG, 2012/2013.

além da própria genética de cada acesso, à ausência de controle rígido da umidade relativa do ar, que influencia o déficit de pressão de vapor do produto e do ambiente, ou seja, quanto maior a diferença de pressão de vapor entre o produto e a atmosfera externa maior será a perda de água. Isso remete ao estímulo da atividade respiratória, já que o estresse hídrico é induzido na presença da umidade relativa do ar que circunda o produto tornando-se inferior a umidade relativa ótima requerida por ele (Corrêa et al., 2014). Essas diferenças também são observadas nos trabalhos de Corrêa et al. (2014), utilizando raízes de batata-doce da cv. Uruguaiana, armazenadas à temperatura de 18,8 - 24,1 °C e umidade relativa de 24 - 43%, que encontraram valores abaixo de todos os grupos formados no presente trabalho após 14 dias com 9,4 % de perda de matéria fresca.

Todas as informações obtidas neste trabalho indicam que a abordagem estatística utilizada é útil e possui grande potencial de utilização para a avaliação de medidas repetidas em estudos visando a minimizar as perdas pós-colheita. Além disso, as estimativas dos coeficientes do modelo ajustado e o índice de velocidade de desidratação permitem conclusões complementares, e consequentemente, são indicados para a análise de experimentos similares a este.

Embora neste trabalho, como exemplo de aplicabilidade metodológica, tenha sido considerada uma única característica (perda acumulada de matéria fresca), em estudos pós-colheita é recomendada a avaliação de várias características, como firmeza, acidez titulável, pH e vitaminas (Pimentel et al., 2010). Além disso, é necessário maior rigor no controle das condições ambientais, como temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar. Nos casos em que muitas características são contempladas, pode-se recorrer à metodologia do agrupamento multivariado de curvas para cada uma das características, individualmente. Outra opção analítica é a obtenção de índices, os quais reúnem as informações de várias características simultaneamente, como o índice global de estabilidade (Ansorena et al., 2009), e posteriormente, o agrupamento multivariado de curvas destes índices.

Conclusões

O agrupamento multivariado de curvas por meio do modelo não-linear de melhor ajuste foi o Brody e possibilitou a discriminação de acessos de batata-doce com maior e menor desidratação.

O acesso UFVJM-29 foi o que sofreu menor perda de massa fresca em função do tempo de armazenamento, seguido dos acessos Brazilândia Branca, UFVJM-43, UFVJM-12 e UFVJM-49.

Agradecimentos

A CAPES, CNPq e à FAPEMIG pela concessão de bolsas e apoio financeiro para realização desta pesquisa.

Literatura Citada

- Andrade Júnior, V.C.; Viana, D.J.S.; Pinto, N.A.V.D.; Ribeiro, K.G.; Pereira, R.C.; Neiva, I.P.; Azevedo, A.M.; Andrade, P.C.R. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.4, p.584-589 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400004>.
- Ansorena, M.R.; Goñi, M.G.; Aguëro, M.V.; Roura, S.I.; Di Scala, K.C. Application of the general stability index to assess the quality of butter lettuce during postharvest storage by a multi-quality indices analysis. *Journal of Food Engineering*, v.92, n.3, p.317-323, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.11.016>.
- Azevedo, A.M.; Andrade Júnior, V.C.; Pedrosa, C.E.; Oliveira, C.M.; Dornas, M.F.S.; Valadares, N.R. Agrupamento multivariado de curvas na seleção de cultivares de alface quanto à conservação pós-colheita. *Horticultura Brasileira*, v.33, n.3, p.362-367, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000300014>.
- Azevedo, C.F.; Silva, F.F.; Ribeiro, N.B.; Silva, D.J.H.; Cecon, P.R.; Baril, L.D.; Pinheiro, V.R. Classificação multivariada de curvas de progresso da requeima do tomateiro entre acessos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV. *Ciência Rural*, v.42, n.3, p.414-417, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000300005>.
- Cecon, P.R.; Silva, F.F.; Ferreira, A.; Ferrão, R.G.; Carneiro, A.P.S.; Detmann, E.; Faria P.N.; Morais, T.S.S. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.9, p.1171-1176, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000900011>.
- Cestari, A.A.; Costa, S.C.; Minho, A.P.; Análise de dados longitudinais em experimentação animal. *Ciências Agrárias*, v.33, n.4, p.1565-1580, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n4p1565>.
- Corrêa, C.B.; Gouveia, M.A.S.; Tavares, A.E.B.; Evangelista, R.M.; Cardoso, A.I.I. Conservação de raízes de batata-doce em função do parcelamento da adubação potássica. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, v.10, n.1, p.65-73, 2014. <https://doi.org/10.17766/1808-981X.2014v10n1p65-73>.
- Filgueira, F.A.R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 402p.
- Fiorini, C.V.A.; Silva, D.J.H.; Silva, F.F.; Mizubuti, E.S.G.; Alves, D.P.; Tiago, S.C. Agrupamento de curvas de progresso de requeima, em tomateiro originado de cruzamento interespecífico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.10, p.1095-1101, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001000007>.
- Freitas, A.R.; Ferreira, R.P.; Moreira, A. Análise de dados de medidas repetidas por meio do modelo linear geral e do modelo misto. *Revista de Ciências Agrárias*, v.54, n.3, p.214-224, 2011. <https://doi.org/10.4322/rca.2012.017>.
- Instituto Nacional de Meteorologia - Inmet. Boletim agroclimatológico (2012 e 2013). <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/boletinsAgroclimatologicos>. 05 Jan. 2017.

- Laurindo, B.S.L.; Laurindo, R.D.F.; Azevedo, A.M.; Nick, C.G.; Silva, D.J.H.; Mizubuti, E.S.G. Seleção de acessos de tomateiro resistentes à pinta-preta pela análise de agrupamento das curvas de progresso da doença. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.2, p.106-114, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000200002>.
- Maia, E.; Siqueira, D.L.; Silva, F.F.; Peternelli, L.A.; Salomão, L.C.C. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras. *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1380-1386, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000500012>.
- Pedrosa, C.E.; Andrade Júnior, V.C.; Pereira, R.C.; Dornas, M.F.S.; Azevedo, A.M.; Ferreira, M.A.M. Yield and quality of wilted sweet potato vines and its silages. *Horticultura Brasileira*, v.33, n.3, p. 283-289. 2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000300002>.
- Pimentel, R.M.A.; Guimarães, F.N.; Santos, V.M.; Resende, J.C.F. Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA42-44 e prata-anã cultivados no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, n.2, p.407-413, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000047>.
- Puiatti, G.A.; Cecon, P.R.; Nascimento, M.; Puiatti, M.; Finger, F.L.; Silva, A.R.; Nascimento, A.C.C. Análise de agrupamento em seleção de modelos de regressão não lineares para descrever o acúmulo de matéria seca em plantas de alho. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 31, n.3, p.337-351, 2013. http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v31/v31_n3/A2_Guilherme_PauloCecon.pdf. 20 Mar. 2017.
- R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017.
- Rós, A.B.; Tavares Filho, J.; Barbosa, G.M.C. Produtividade de raízes tuberosas de batata-doce em diferentes sistemas de preparo do solo. *Ciência Rural*, v.44, n.11, p.1929-1935, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr2Q121169>.
- Silveira, F.G.; Silva, F.F.; Carneiro, O.S.; Malhado, C.H.M.; Muniz, J.Á. Análise de agrupamento na seleção de modelos de regressão não-lineares para curvas de crescimento de ovinos cruzados. *Ciência Rural*, v.41, n.4, p.692-698, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000400024>.
- Viana, D.J.S.; Andrade Junior, V.C.; Ribeiro, K.G.; Pinto, N.A.V.D.; Neiva, I.P.; Figueiredo, J.A.; Lemos, V.T.; Pedrosa, C.E.; Azevedo, A.M. Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. *Ciência Rural*, v.41, n.8, p.1466-1471, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000800027>.