

## ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS NA OPERAÇÃO DE COLHEITA MECANIZADA DE AMENDOIM

CRISTIANO ZERBATO<sup>1</sup>, RAFAEL H. F. NORONHA<sup>2</sup>, ANTONIO TASSIO S. ORMOND<sup>2</sup>, ADÃO F. DOS SANTOS<sup>3</sup>, CARLOS E. A. FURLANI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Professor Assistente Doutor I, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil, (16) 3209-7627, zerbato@fcav.unesp.br

<sup>2</sup> Doutorando em Agronomia, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil

<sup>3</sup> Mestrando em Agronomia, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil

<sup>4</sup> Professor Adjunto III, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** A análise de agrupamento (AA) utiliza métodos hierárquicos e não-hierárquicos, ambos são não-supervisionados e extraem propriedades estatísticas de um conjunto de dados, agrupando os vetores similares em classes. Objetivou-se com o trabalho avaliar, por meio da AA, as principais características agrônômicas (produtividade, maturação, largura e altura de leira após o arranquio, teor de água no solo e na vagem, perdas visíveis, invisíveis e no recolhimento) na operação de colheita mecanizada de amendoim, em seis texturas de solo (muito argiloso, argiloso, franco argiloso, franco argiloso siltoso, argilosiltoso e arenoso). As perdas visíveis (acima do solo), invisíveis (abaixo do solo). A armação utilizada possui uma área de 2 m<sup>2</sup>. O dendograma obtido pela AA, cada vez que se obtém variação expressiva nos valores de distância euclidiana entre os acessos, para o conjunto de variáveis consideradas, é possível fazer uma divisão exata do processo em três grupos, na variações de 24,28 para 33,75. Essa divisão mostrou um resultado muito importante que foi a ordenação dos acessos segundo as texturas de solo. No grupo I, ficaram concentrados os acessos com alta teor de argila e, no grupo III, os acessos com baixo teor de argila, segundo as características agrônômicas da cultura do amendoim.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perdas na colheita, Dendograma, Análise Multivariada.

## CLUSTERING ANALYSIS IN OPERATION MECHANICAL HARVESTING OF PEANUTS

**ABSTRACT:** Cluster analysis (AA) uses hierarchical and non-hierarchical methods, both non-supervised and extracted statistical properties of a set of data, grouping the similar vectors into classes. The objective of the study was to evaluate, through the AA, the main agronomic traits (yield, maturity, width and height of windrow after the pull-off, water content in the soil and in the pod, visible losses, invisible and gathering) in operation mechanical harvesting of peanuts in six soil textures (clayey, loamy, loamy frank, outspoken silty clayey, sandy and argilosiltoso). The visible loss (above ground), invisible (below ground). The frame has a used area of 2 m<sup>2</sup>. The dendrogram obtained by the AA, each time you get significant variation in the amounts of Euclidean distance between the access to the set of variables considered, you can make an exact division of the process into three groups, the variations of 24.28 to 33, 75. This division showed a very important result was that the ordering of accesses according to the soil texture. In group I, access to high clay content were concentrated, and in group III, access to low clay content, according to the agronomic characteristics of peanut crop.

**KEYWORDS:** Losses in harvesting, Dendogram, Multivariate Analysis.

## INTRODUÇÃO:

O amendoim é uma importante oleaginosa no mercado brasileiro com destaque sócio econômico para o estado de São Paulo, responsável por 93% dos 414 mil toneladas de amendoim produzidos na safra 2015/2016 no Brasil, sendo utilizada em área de reforma de canaviais e até mesmo de pastagens.

O processo de produção de amendoim busca excelência operacional mecanizada por meio de novas tecnologias para superar o desafio e novas oportunidades do mercado de forma sustentável para o aumento do volume de produção, produtividade e reduzindo os custos de produção.

A maior parte das perdas na colheita de amendoim ocorre na operação de arranquio e podem atingir altos patamares quando a operação não for cuidadosamente gerenciada, atingindo valores que variam de 3,1 a 47,1% de perdas de vagens em relação à produtividade. O monitoramento dessas perdas possibilita a detecção de erros que, porventura, possam ocorrer durante o processo, permitindo a correção dos mesmos, de modo que as perdas possam ser minimizadas e não venham a ocasionar quedas na produção (Bertonha et al., 2014; Cavichioli et al., 2014; Santos et al., 2013; Zerbato et al., 2014).

A análise de agrupamento utiliza métodos hierárquicos e não-hierárquicos, ambos são não-supervisionados e extraem propriedades estatísticas de um conjunto de dados, agrupando os vetores similares em classes. Um método hierárquico bastante utilizado é o Método de Ward, que tende a combinar grupos com um pequeno número de observações e também tende a produzir grupos com aproximadamente o mesmo número de observações (Hair et al., 2005).

O auxílio de técnicas estatísticas multivariadas no controle das operações agrícolas mecanizadas é uma realidade, pois analisa simultaneamente múltiplas medidas, sendo que as variáveis devem ser aleatórias e inter-relacionadas, de maneira que seus efeitos não possam ser significativamente interpretados de forma separada (Hair et al., 2005). Nesse contexto, Nagahama et al. (2014) e Boscardin et al. (2016), ambos trabalhando com o impacto da mecanização por meio da mobilidade do solo no comportamento e controle de plantas daninhas foram eficientes pela análise de agrupamentos com base na similaridade de ocorrência das plantas infestantes.

Azevedo et al. (2015) constataram a viabilidade da ferramenta multivariada trabalhando com a seleção de cultivares de alface quanto à conservação pós-colheita por meio do análise de agrupamentos. Neste contexto, o agrupamento de curvas utilizando a análise multivariada é uma alternativa viável. Objetivou-se neste trabalho selecionar cultivares de alface quanto à conservação.

A análise exploratória multivariada é uma ferramenta utilizada dentro de setores produtivos agrícolas devido alta complexidade nas informações produzidas, verificada no sucroenergético por Paredes Junior et al. (2015) e Lampkowski e Biaggioni (2013) afim de uma melhor interpretação, compreensão, gerenciamento e tomada de decisão.

Partindo da hipótese de que a operação de colheita mecanizada de amendoim necessita de ferramentas que auxiliem no controle efetivo da variabilidade de perdas, limitando-os aos padrões aceitáveis, este trabalho objetivou avaliar perdas quantitativas e danos à soqueira na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, mediante controle estatístico de processo, bem como verificar a qualidade da operação.

Visando facilitar a visualização do comportamento das características agrônômicas em relação às classes texturais de solo, quando características múltiplas são consideradas, este trabalho teve como objetivo identificar, por meio de abordagens multivariadas, grupos a partir das texturas de solo que apresentem padrões de semelhança, assim como discriminar as variáveis que mais influenciaram na divisão dos grupos, para auxiliar as decisões nas operações mecanizadas agrícolas.

## **MATERIAL E MÉTODOS:**

As perdas foram classificadas em visíveis, invisíveis e totais do arranquio, que correspondem à soma das perdas visíveis e invisíveis. Para coletar esse material a leira formada após a passagem do arrancador foi cuidadosamente retirada, colocando-se neste local uma armação metálica de aproximadamente 2 m<sup>2</sup> (1,11 x 1,80 m) transversalmente à leira, coletando-se manualmente as perdas visíveis e as perdas invisíveis localizadas até à profundidade de 0,15 m.

A definição da largura da armação correspondeu à largura de trabalho do arrancador-invertedor. Após a coleta as vagens foram acondicionadas em sacos de papel e identificadas. Posteriormente foram enviadas ao laboratório onde foram submetidas à lavagem para a retirada da terra aderida ao exocarpo. Sua massa foi mensurada em balança digital com precisão de 0,01 g. Em seguida, foram colocadas para secar em estufa, a 105 ± 3 °C, por 24 horas. Após a secagem a massa das vagens foi novamente determinada, obtendo-se os valores das perdas que foram extrapolados para kg ha<sup>-1</sup>, com posterior correção para 8% de teor de água. Os valores de perdas foram calculados em kg ha<sup>-1</sup> e porcentagem em relação à produtividade.

Para a determinação das perdas visíveis no arranquio (PVA), foram coletadas todas as vagens e sementes de amendoim encontradas na superfície do solo após a operação de arranquio. A determinação das perdas invisíveis no arranquio (PIA) foi realizada no mesmo local de avaliação das perdas visíveis, coletando-se as vagens e sementes de amendoim encontradas abaixo da superfície do solo.

As perdas no recolhimento (PR) foram avaliadas após a passagem da recolhedora.

Para amostragem da produtividade utilizou-se a mesma armação de aproximadamente 2 m<sup>2</sup>, anteriormente descrita, colocada sobre as leiras em todos os pontos amostrais. Procedeu-se o corte e ensacamento de todo material contido dentro da área da armação, e a partir das vagens encontradas dentro da área amostral, calculou-se a produtividade, a 8% de teor de água, valor este utilizado para o armazenamento do amendoim nas empresas beneficiadoras.

O teor de água das vagens (calculado em base úmida) foi obtido de acordo com método da estufa (BRASIL, 2009), coletando-se amostras após a passagem do arrancador-invertedor. As amostras para determinação do teor de água do solo foram coletadas utilizando-se um trado holandês na camada de 0,0 a 0,2 m, sendo acondicionadas em recipientes de alumínio e levadas ao laboratório, onde permaneceram 24 horas em estufa a 105 °C.

O teor de água do solo foi obtido em base seca, conforme metodologia recomendada por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006). A camada de 0,0 a 0,2 m foi definida para amostragem do teor de água do solo por ser a região onde se concentra a maior parte das vagens do amendoim, o que foi constatado em verificações realizadas a campo antes da colheita.

Para avaliação da maturação utilizou-se o método Hull scrape, que consiste na raspagem do exocarpo das vagens, expondo a coloração do mesocarpo. As vagens foram classificadas por cores de acordo com a Tabela de Classificação da Maturação do Amendoim, desenvolvida pela Universidade da Georgia (WILLIAMS; DREXLER, 1981), nos Estados Unidos. Foram coletadas 100 vagens ao acaso em cada ponto avaliado, sendo determinada a maturação de acordo com o método Hull scrape, considerando-se as classes preta, marrom e laranja para determinar a porcentagem de maturação da área.

A análise de agrupamentos hierárquica (Sneath & Sokal, 1973) foi realizada calculando-se a distância euclidiana entre os acessos, para o conjunto das sete variáveis, e utilizando o algoritmo de Ward para a obtenção dos agrupamentos de acessos similares. O resultado da análise foi apresentado em forma gráfica (dendrograma) que auxiliou na identificação dos agrupamentos dos acessos.

A identificação dos acessos nos grupos também foi feita pelo k-means (Hair, 2005) que pertence à classe dos métodos de agrupamentos não-hierárquicos e não supervisionados. Este método minimiza a variância dos acessos dentro de cada grupo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

O dendrograma obtido pela análise de agrupamentos é apresentado na figura 1. Cada vez que se obtém variação expressiva nos valores de distância euclidiana entre os acessos, para o conjunto de variáveis consideradas, é possível fazer uma divisão de grupos.

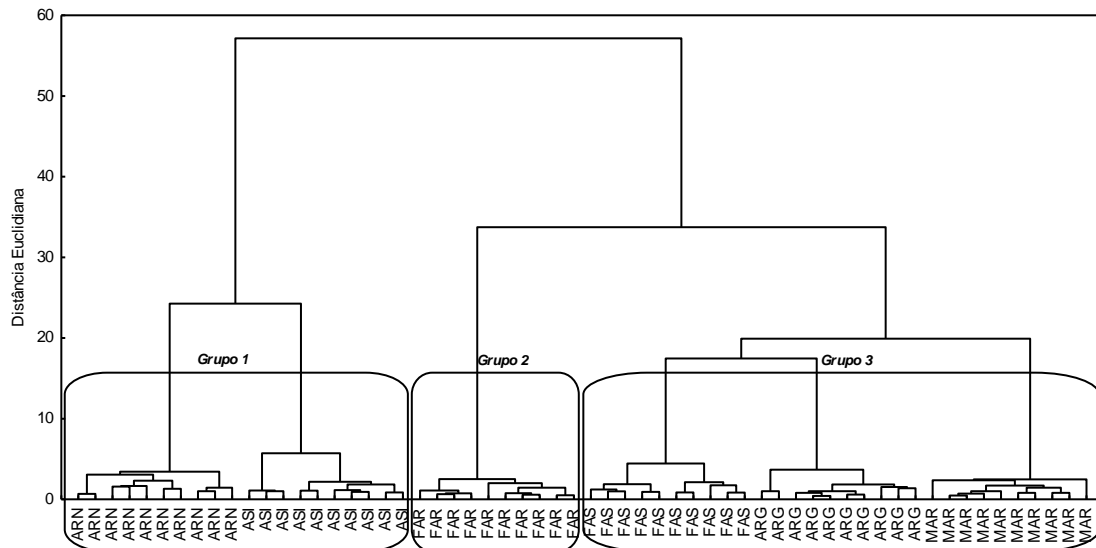


Figura 1. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos da produção da cultura do amendoim mostrando a formação de grupos segundo a textura do solo classificadas em muito argiloso (MAR), argiloso (ARG), franco argiloso (FAR), franco argiloso siltoso (FAS), argilosiltoso (ASI) e arenoso (ARN).

No presente trabalho, a variação de 24,28 para 33,75 (Figura 2) permitiu uma divisão exata dos processos em 3 grupos. Este salto foi adotado, admitindo-se formação de três grupos: I, II, III (Figura 2). Essa divisão mostrou um resultado muito importante que foi a ordenação dos acessos segundo as texturas de solo. No grupo I, ficaram concentrados os acessos com alta teor de argila e, no grupo III, os acessos com baixo teor de argila, segundo as características agrônômicas da cultura do amendoim.

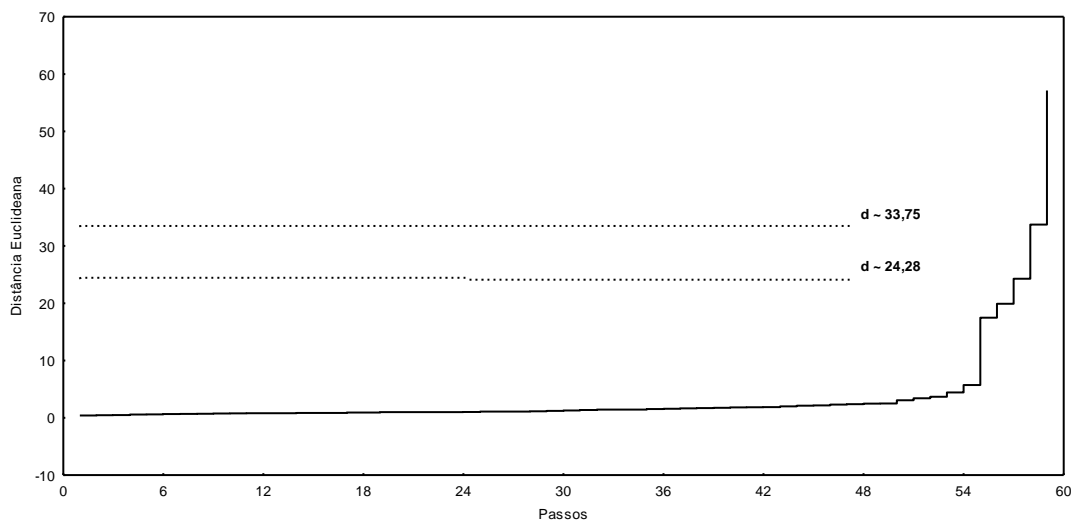


Figura 2. Representação da variação expressiva da distância euclidiana entre as variáveis consideradas que permitiu a separação de grupos.

A figura 3 indica as médias padronizadas das características agrônômicas da cultura do amendoim, segundo a análise de agrupamento pelo método k-means. Observa-se no grupo I, a condição de maior produtividade porém foi constatada maior perdas nas operações mecanizadas de colheita do amendoim, em função da alta maturação (fragilidade pedúnculo), menor altura de leira após a operação do arranquio (maior dificuldade de recolhimento), além de um menor teor de água do solo e da vagem. O grupo II apresenta-se com produtividade e perdas intermediárias nas operações de colheita mecanizada. Entretanto, no grupo III observa-se a menor produtividade, em consequência da baixa maturação, consequentemente as perdas foram menores na colheita do amendoim.

O teor de água nas vagens corroboram com Santos et al., (2013) e Segato e Penariol (2007) que encontram de 35 a 45% no momento do arranquio.

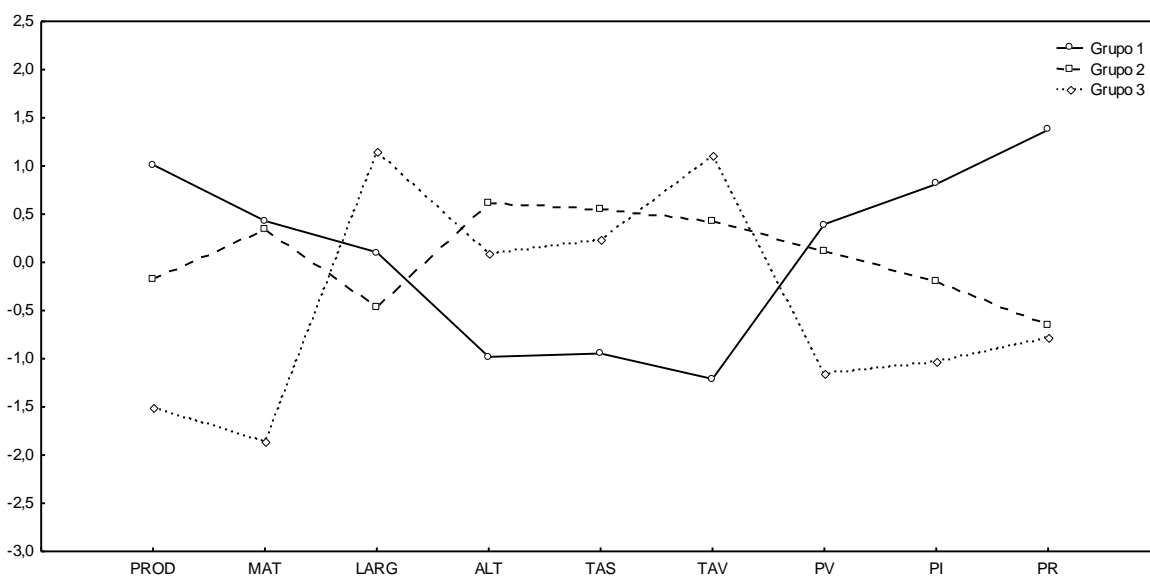


Figura 3. Médias padronizadas das características agrônômicas da cultura do amendoim e textura de solo para cada grupo, segundo a análise de agrupamentos não-hierárquica k-means. Produtividade (PROD), maturação (MAT), largura (LARG), altura de leira após o arranquio (ALT), teor de água no solo (TAS), teor de água na vagem (TAV), perdas visíveis (PV), perdas invisíveis (PI) e perdas no recolhimento (PR).

### CONCLUSÕES:

As análises de agrupamento hierárquica e não-hierárquica, permitiram ordenar acessos em três grupos, segundo as características agrônômicas no processo de colheita mecanizada para a cultura do amendoim.

Os procedimentos multivariados foram eficientes para resumir as informações de perdas e produtividade, além de promover maior facilidade na identificação por meio das características agrônômicas em diferentes tipos de solo para a cultura do amendoim.

Essas técnicas multivariadas podem ser incorporadas às demais ferramentas utilizadas nas operações mecanizadas agrícolas, entretanto necessitam ser mais testadas e confirmadas em outras pesquisas.

### REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M.; DORNAS, M. F. S.; VALADARES, N.R. 2015. Agrupamento multivariado de curvas na seleção de cultivares de alface quanto à conservação pós-colheita. **Hortic. bras.**, v. 33, n. 3, jul. - set. 2015.

BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; NASCIMENTO, J. M.; CAVICHIOLI, F. A. Perdas e teor de água das vagens no arranquio mecanizado de amendoim. **Energ. Agric.**, v. 29, p. 167-173, 2014.

BOSCARDIN, J., COSTA, E. C., GARLET, J., MACHADO, L. M., MACHADO, D. N., PEDRON, L., & BOLZAN, L. C. Efeitos de diferentes tipos de controle de plantas infestantes sobre a Mirmecofauna em *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 21-34, jan.-mar., 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CAVICHIOLO, F. A.; ZERBATO, C.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P.; SILVA, V. F. A. . Perdas quantitativas de amendoim nos períodos do dia em sistemas mecanizados de colheita. **Científica**, v. 24, p. 211-215, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

HAIR, J.R.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Buckman, 2005. 593p.

JÚNIOR, A. S. C., OLIVEIRA, M. M. B. Eficiência econômica no setor sucroalcooleiro: uma análise de algumas usinas do estado de São Paulo. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 13, n. 3, 2012.

KAISER, H.F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, 23, p. 187-200, 1958.

LAMPKOWSKI, F. J.; BIAGGIONI, M. A. M. Análise multivariada das atividades científicas e técnicas no processo de adoção de inovação em empresas sucroenergéticas do centro-oeste do estado de São Paulo. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 28, n.4, p. 253-263, outubro-dezembro, 2013.

NAGAHAMA, H.J.; CORTEZ, J.W.; CONCENÇO, G.; ARAUJO, V.F.; HONORATO, A.C. Dinâmica e variabilidade espacial de plantas daninhas em sistemas de mobilização do solo em sorgo forrageiro. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 2, p. 265-274, 2014.

PAREDES JUNIOR, F. P.; PORTILHO, I. I. R.; MERCANTE, F. M. Atributos microbiológicos de um latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 1, p. 151-164, jan./fev. 2015.

SANTOS, E. P.; SILVA, R. P.; BERTONHA, R. S.; NORONHA, R. H. F.; ZERBATO, C. Produtividade e perdas de amendoim em cinco diferentes datas de arranquio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 695-702, 2013.

SNEATH, P.H. & SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification**. San Francisco, W.H. Freeman, 1973. 573p.

WILLIAMS, E. J., DREXLER, J. S. A non-destructive method for determining peanut pod maturity. **Peanut Science**, v. 8, n. 2, p. 134-141, 1981.

ZERBATO, C.; SILVA, V. F. A.; TORRES, L. S.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. Peanut mechanized digging regarding to plant population and soil water level. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.4, p.459-465, 2014.