

IDENTIFICAÇÃO DA ADULTERAÇÃO DE LEITE COM UREIA ATRAVÉS DAS TÉCNICA MULTIVARIADAS AGRUPAMENTO HIERÁRQUICO BASEADO EM COMPONENTES PRINCIPAIS E ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR¹

Beatriz Denardi França², Weber da Silva Robazza³, Alessandro Cazonatto Galvão⁴, Gabriel da Silva Dariz⁵.

¹ Vinculado ao projeto “Estudo da detecção de adulterantes no leite através de Espectrofotometria no Infravermelho por Transformada de Fourier”*

² Acadêmica do Curso de Engenharia Química – CEO – Bolsista PROBIC/UDESC

³ Orientador, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – CEO – weber.robazzi@udesc.br

⁴ Professor, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – CEO

⁵ Acadêmico do Curso de Engenharia de Alimentos – CEO– Bolsista PROBIC/UDESC

O leite ocupa um lugar de destaque na nutrição humana como fonte de proteína, gordura, carboidrato e outros componentes essenciais. Por ser um produto muito comercializado, também é alvo de muitas adulterações. Um dos adulterantes mais utilizados é a ureia, que é utilizada para mascarar a diminuição do teor de proteína causado pelo acréscimo de água no leite, com essa adulteração é possível aumentar tanto o volume quanto o seu prazo de validade. As fraudes que adulteraram a composição original do leite prejudicam a indústria, pois além de diminuir o rendimento industrial, podem gerar produtos de qualidade inferior e trazer riscos para a saúde de quem a consumir.

Encontrar adulterações feitas no leite não é algo simples, pois existe uma grande variedade de adulterantes que podem ser encontrados nas mais diversas concentrações. Alguns adulterantes podem ser identificados através da textura, solubilidade e densidade, porém outros necessitam de métodos mais sofisticados, como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC, na sigla em inglês) e espectrofotometria no infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR, na sigla em inglês). Portanto, o objetivo desse projeto foi verificar a viabilidade do uso da espectroscopia de impedância elétrica em conjunto com técnicas multivariadas para identificar a adulteração de leite com ureia.

Para a realização do experimento foram coletados em dias diferentes 3 lotes de leite *in natura*, os quais foram doados por uma indústria de laticínios da cidade de Pinhalzinho/SC. Após sua recepção, as amostras foram armazenadas a 5 °C em refrigerador e analisadas no Laboratório de Termofísica Aplicada do Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química da Universidade do Estado de Santa Catarina. Para cada lote, as amostras foram adulteradas com 11 diferentes concentrações (em fração mássica) de ureia, as quais variaram entre 0 (controle) e 31%. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R v. 4.0.2.

Para separar as amostras em grupos (*clusters*) com propriedades físicas semelhantes, foi aplicada a técnica de agrupamento hierárquico baseado em componentes principais (HCPC, na sigla em inglês), a qual usa a análise de componentes principais (PCA, na sigla em inglês) para reduzir os ruídos dos dados e identificar os grupos semelhantes de forma mais eficiente. Nesta etapa foi construído um dendrograma, o qual possibilitou dividir as amostras em três grupos, os quais foram classificados como baixa adulteração (menos de 8% de ureia), adulteração média (entre 8 e 16% de ureia) e alta adulteração (acima de 16% de ureia). Em seguida foi aplicada a Análise Discriminante Linear (LDA, na sigla em inglês), a qual foi empregada no conjunto dos

três lotes e validada através da modalidade *leave-one-out* de validação cruzada para verificar se a equação conseguia classificar adequadamente as amostras de acordo com a concentração de adulterante. Os resultados obtidos para o dendrograma e a matriz de confusão expressando os resultados da LDA estão apresentados na Figura 1 e Tabela 1.

Figura 1. Dendrograma para os 11 tratamentos correspondendo ao primeiro lote.

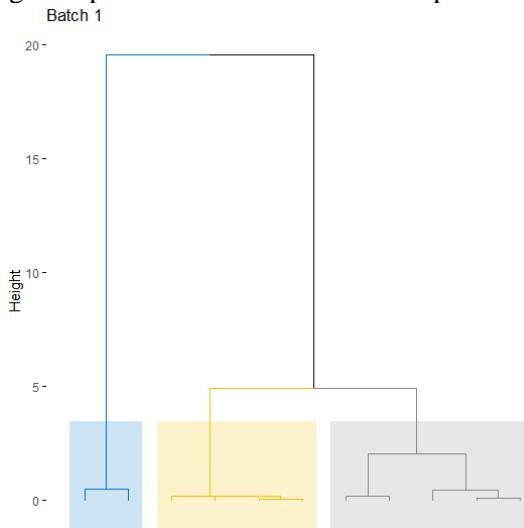


Tabela 1. Matriz de confusão após ajuste do modelo LDA.

Valores preditos	Valores observados		
	Baixa	Média	Alta
Baixa	17	2	0
Média	1	7	0
Alta	0	0	6

A análise da matriz de confusão mostra que o modelo LDA desenvolvido conseguiu classificar corretamente 30 de um total de 33 amostras resultando num aproveitamento aproximado de 90%. As três classificações incorretas corresponderam a uma amostra de baixa adulteração, a qual foi classificada como média e duas amostras com adulteração média que foram classificadas como de baixa adulteração. Portanto, foi obtido através do presente trabalho que a aplicação das técnicas multivariadas HCPC (*Hierarchical Clustering on Principal Components*) e LDA (*Linear Discriminant Analysis*), aplicadas em conjunto com a Espectroscopia de Impedância Elétrica, são capazes de classificar de forma adequada amostras de leite adulteradas com ureia com limite de detecção aproximado de 7%..

Palavras-chave: Adulteração no leite. LDA. HCPC.

* Devido à pandemia, não foi possível o deslocamento dos bolsistas para realização das medidas com FTIR. Por essa razão, foi feita uma parceria com uma empresa start-up da região, a qual cedeu o equipamento para realização das medidas de espectroscopia de impedância elétrica.