

Modelo não linear para a relação entre proteína e extrato seco desengordurado do leite

Tainara Machado Elias¹

Ana Paula Pereira Silva¹

Hernani Martins Júnior¹

1 Introdução

O leite é um dos produtos mais consumidos no mundo, responsável quase sozinho pela nutrição humana nos primeiros meses de vida. É considerado um alimento completo, segundo Walstra (1999) possui água, vitaminas, minerais, proteínas, gorduras e carboidratos, daí sua capacidade de suprir sozinho a demanda nutricional humana.

A cadeia produtiva do leite é uma das mais organizadas no Brasil e não é por acaso que se dá a organização desta. O leite é matéria-prima para uma grande quantidade de produtos. É base para consumo in natura, mas também base para produção de queijos, iogurtes, bebidas lácteas, manteiga, doces e outros derivados.

Hoje uma das grandes preocupações do setor de transformação é a qualidade da matéria-prima como componente para se obter um produto de qualidade. Uma vez que impera no Brasil e no mundo uma preocupação crescente com a qualidade química e biológica de produtos destinados a alimentação humana.

Neste sentido, de uma busca constante pela qualidade, e com foco no controle da matéria-prima proveniente de um ambiente produtivo difuso que este trabalho está calcado. Com o processo de granelização, tido como irreversível (Santos e Fonseca (2003)), se torna cada vez mais urgente o controle da qualidade química feita produtor a produtor via amostragem prévia e rotineira. Este controle deve ser rigoroso e nortear uma rápida tomada de decisão, haja vista a alta competitividade imposta pelo mercado.

Segundo Tronco (2010) a legislação que regulamenta a inspeção e fiscalização do leite, sofre contínua mudança para modernizar e aperfeiçoar os parâmetros de qualidade do leite. Desta forma para alcançar este aperfeiçoamento é necessário um constante estudo dos atributos físicos, químicos e microbiológicos.

As proteínas estão entre os principais componentes do leite. Podem ser facilmente separadas nas frações caseína e proteínas do soro. A caseína, uma substância coloidal

¹ UFV-CRP. e-mail: hernani.junior@ufv.br

complexa, pertencente a um grupo de fosfoproteínas específicas, representa 80% do total das proteínas do leite. (Fennema (2010) e Tronco (2010)). Ambos os tipos de proteínas estão presentes no extrato seco desengordurado constituindo cerca de 36% deste.

O objetivo principal deste trabalho é relacionar a proteína com o extrato seco desengordurado. Parece natural esta associação, uma vez que proteína faz parte desses. A ideia é inferir a respeito de uma variável, fazendo uso de uma outra à qual esteja relacionada e cuja análise possa ser mais rápida ou mais barata. Com isto pode-se ganhar em eficiência e competitividade.

Modelos lineares são comumente utilizados na literatura modelando diversas variáveis. (Rao, 1999). Mas suas limitações são grandes e dificilmente podem modelar situações práticas. Uma solução é a linearização, mas muitas vezes não é possível de ser implementada. Entretanto em muitas situações os modelos não lineares são a opção mais viável (Seber e Wild, 1989), apresentam grande versatilidade além de parâmetros interpretáveis.

Praticamente qualquer função que possa ser escrita de forma fechada pode ser escrita no contexto de um modelo de regressão não linear. Nestes modelos a variável resposta Y aparece em função de X numa relação não linear do tipo $y=f(\theta; x)+\varepsilon$, f é um modelo não linear, θ é um vetor de parâmetros, e ε é um vetor de termos aleatórios. O objetivo principal de uma regressão não linear é encontrar valores de θ que minimizem a função erro: Minimizar

$$S(\theta)=\sum[f(\theta; x_i)-(y_i)]^2 \text{ (Battes e Watts, 1988).}$$

2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado a partir de um banco de dados, no decorrer de quatro anos em um laticínio no município de Luz, Centro-Oeste Mineiro. Os dados são referentes a análises rotineiras, feitas na recepção do leite. Com foco no controle de qualidade e na remuneração qualitativa ao produtor.

Foram consideradas para este trabalho 2050 observações referentes a análises de recepção do ano de 2012. São cerca de 40 fornecedores, analisados sob a égide de 14 atributos relacionados à qualificação do leite. Esses atributos são os classicamente utilizados como descritores da qualidade química e biológica do leite. Uma análise descritiva prévia foi realizada. A partir desta, constatou-se um particular comportamento entre as variáveis extrato seco desengordurado e proteína.

Utilizando como base as variáveis supracitadas construiu-se um modelo de regressão não linear, uma vez que este se mostrou mais adequado que os tradicionais modelos lineares.

Os parâmetros foram estimados via método dos mínimos quadrados para modelos não lineares. O pacote Stats do software R foi utilizado para análise dos dados.

3 Resultados e Discussões

Uma análise previa relacionou alguns importantes variáveis que são atributos para qualificação do leite. Na Figura 1, o gráfico de dispersão mostra a associação entre estas variáveis.

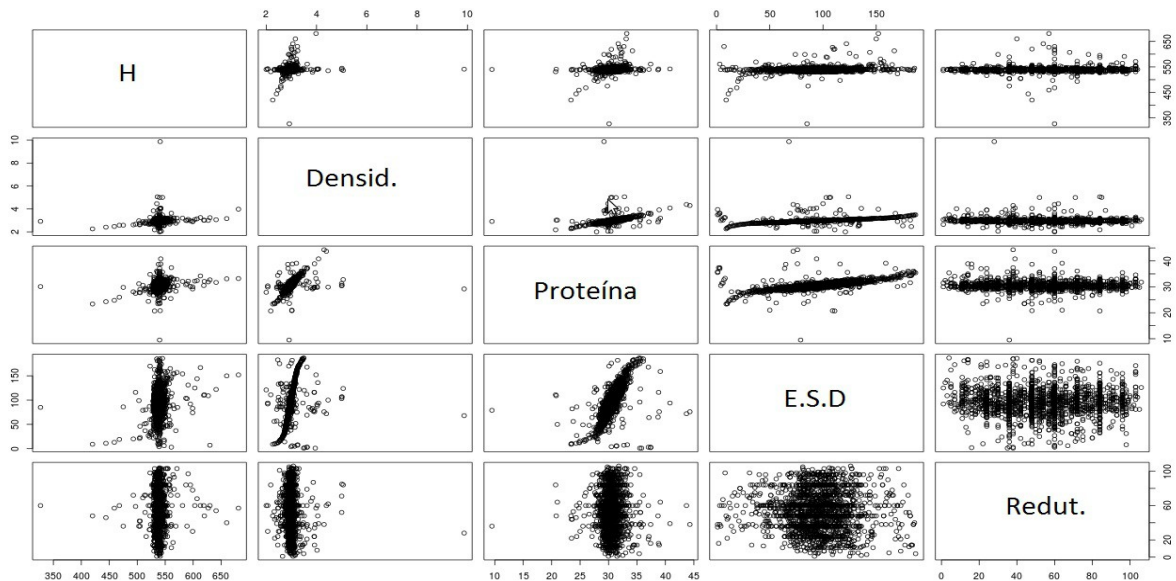


Figura 1 Associação entre algumas variáveis: H - Crioscopia; Densid. - Densidade; Proteína; E.S.D - Extrato Seco Desengordurado; Redut. - Redutase

A crioscopia, denotada por graus H é utilizada para verificar possível adulteração do leite via incremento de água, sua faixa de normalidade é entre 530 e 550. As maiores partes das amostras se encontram dentro desta faixa. A densidade mede o percentual de sólidos existentes no leite, obviamente é associada aos graus H, uma vez que o incremento de água diminui a densidade do leite. A proteína é um importante atributo do leite, seus níveis estão associados à qualidade e ao rendimento do queijo, um importante subproduto. O Extrato seco desengordurado, aqui denotado por E.S.D, representa os sólidos totais subtraídos os lipídios. Portanto há de se esperar uma relação direta entre o E.S.D com a proteína, uma vez que esta compõe aquele, portanto quanto maior a densidade, maiores serão os percentuais de proteínas. O teste de redutase é um método simples e rápido para estimar a quantidade de bactérias presentes no leite cru. É uma variável importantíssima para a aferição da qualidade do leite.

Dentre estas associações, a relação entre Proteína e Extrato Seco Desengordurado, como pode ser vista na Figura 1, destacou-se das demais, uma vez que sugere uma relação

não linear entre ambas, fato novo na literatura que sugere uma relação linear entre ambas. O formato desta curva pode ser mais bem visto na Figura 2.

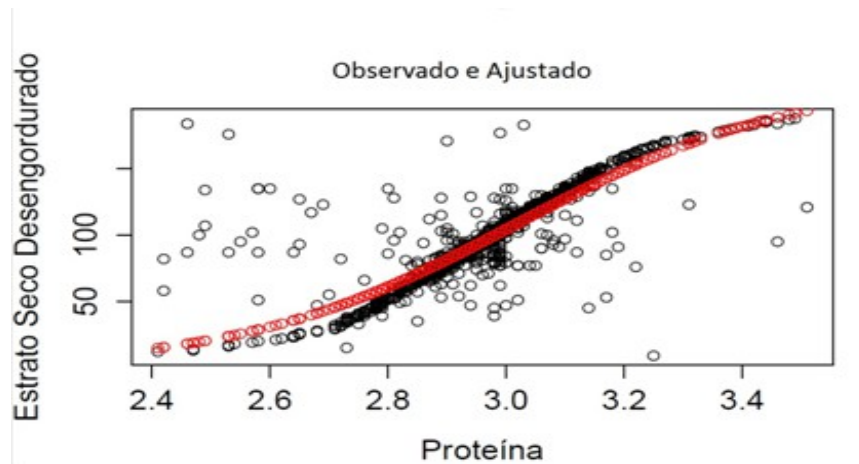


Figura 2 Modelo proposto (vermelho) para os dados observados (preto)

O modelo proposto é do tipo dose resposta, tendo a distribuição logística como base. Sua formulação é dada por:

$$y = \frac{\alpha}{(1 + e^{\beta - \gamma x})} + e \quad (1)$$

y apresenta o nível de extrato seco desengordurado; x representa o nível de proteína; e representa o erro é um componente aleatório com distribuição normal (0,1). α , β , γ são parâmetros da distribuição logística.

Os parâmetros foram estimados pelo método dos mínimos quadrados não linear no software R. Suas estimativas, erro padrão e razão de t são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Estimativas, erro padrão e valor de t para os parâmetros do modelo

Parâmetros	Estimativa	Erro Padrão	Valor de t	Pr(> t)
α	217,0743	66,837	32,48	>2e-16 ***
β	12,9859	0,3890	33,38	>2e-16 ***
γ	4,3025	0,1479	29,08	> 2e-16 ***

Para o modelo proposto, o erro padrão residual foi de 13,65 em 1994 graus de liberdade. Desta forma o modelo ajustado fica:

$$y = \frac{217,0743}{(1 + e^{12,9859 - 4,3025 X})} + e \quad (2)$$

O parâmetro α cuja estimativa foi 217,0743, representa o valor assintótico para a variável resposta; a relação entre os parâmetros β/γ cuja estimativa foi 12,9859/4,3025 está associado ao ponto de inflexão da curva. Graficamente o modelo ajustado é representado pelos pontos

em vermelho, na Figura 2. Embora aparentemente no intervalo de 2,4 a 2,8 no eixo das abscissas o modelo tende a superestimar o nível do extrato seco desengordurado, fato que se deve a presença de pontos discrepantes no quadrante superior esquerdo do gráfico.

4 Conclusão

O modelo logístico de dose resposta se mostrou verossímil para descrever a relação entre Proteínas e Extrato Seco Desengordurado, e de desempenho superior aos tradicionais modelos polinomiais, principalmente nos limites da variável independente. Desta forma de posse dos níveis de proteínas do leite pode-se obter a quantidade de extrato seco desengordurado, podendo ser uma ferramenta para dar maior agilidade aos processos produtivos.

Os níveis de Proteína também podem ser estimados tendo-se em mãos os níveis de Extrato Seco Desengordurado, mas para tanto há de se construir um novo modelo. Um método de estimação robusto deve ser buscado visando melhorar o ajuste. Uma análise de pontos influentes pode ajudar na tarefa de deleção de possíveis informações aberrantes.

5 Referências

- [1] BATES, D. B. e WATTS, D. G. **Nonlinear regression analysis and its applications**. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1988.
- [2] FENNEMA, O. R. et. al. **Química de alimentos de fennema**. Porto Alegre: Editora Artmed. 2010. 900 p.
- [3] RAO, C.R.; TOUTENBURG. H **Linear models: least squares and alternatives, second edition**. New York: Springer. 1999. 428 p.
- [4] SEBER, G. A. F.; WILD, C. J. (1989). **Nonlinear regression**. New York: John Wiley and Sons.
- [5] SANTOS, M.V.; FONSECA, L.F.L. Granelização e Resfriamento do Leite e Seu Impacto Sobre a Qualidade. **Leite & derivados**. São Paulo, n.71, p. 35-44, 2003.
- [6] TRONCO, V. M. **Manual para inspeção da qualidade do leite**. Santa Maria: Editora UFSM. 2010. 195 p.
- [7] WALSTRA, P. Casein sub-micelles: do they exist? **International dairy journal**. Amsterdam, v.9, p.189-192, 1999.