# ISOTERMA DE ADSORÇÃO EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA CÃES E GATOS

MAYARA U. DA SILVA3, VANDERLY JANEIRO2, RICARDO S. VASCONCELLOS1, LEONIR B. RIBEIRO1,PRISCILA M. RIBEIRO3, KASSIA A. PIRES4, JOYCE SATO4, JULIA T. S. NICOLAU5

1Docente do departamento de Zootecnia (DZO-UEM); 2Docente do departamento de Estatística (DES-UEM); 3Pós-graduando em Zootecnia; 4Doutor em Zootecnia; 5Graduando em Zootecnia.
Contato: mayarauana@gmail.com

**Resumo:** Isotermas de adsorção são gráficos que relacionam a quantidade de água de um alimento (umidade) com sua atividade de água, em função de temperatura constante. Curvas de isoterma fornecem dados práticos, permitindo aperfeiçoar a vida de prateleira e produzir alimentos mais seguros. Nesse contexto o objetivo do estudo foi investigar a aplicabilidade de isotermas de adsorção de 10 alimentos secos e extrusados para cães (n=6) e gatos (n=4). Três condições de temperatura (30, 40 e 50°C) foram utilizadas para determinas as isotermas usando técnica gravimétrica. A curva obtida foi sigmóide do tipo II, os dados foram analisados pelo modelo de GAB e Peleg. Uma análise de regressão não linear foi utilizada para determinar o ajuste dos dados experimentais e constantes dos modelos. O modele GAB teve um melhor ajuste dos dados para todas as temperaturas, nos fornecendo o parâmetro de água na monocamada (X), que variou de 0,026 à 0,080 gH2O/gMS para os alimentos testados. Utilizando o valor máximo seguro de 0,65 para pet food, obtivemos umidade de equilíbrio de 6,31 a 12,14 %.
**Palavras Chave:** Umidade de equilíbrio, modelos matemáticos, conservação, curvas de isoterma.

## ADSORPTION ISOTHERM IN PET FOOD

**Abstract:** Adsorption isotherms are graphs that relate the water of an food (moisture) with its water activity, as a function of the constant temperature. Isotherm curves provide practical data, allowing you to perfect shelf life and produce safer food. In this context, the objective of the study was to investigate the applicability of adsorption isotherms of 10 dry and extruded foods for dogs (n=6) and cats (n=4). Three temperature conditions (30, 40 and 50 ° C) were used to determine the isotherms using a gravimetric technique. The obtained curve was type II sigmoid, the data were analyzed by the GAB and Peleg model. A nonlinear regression analysis was used to determine the fit of the experimental and model data. The GAB model had a better fit of the data for all temperatures, provided the water parameter in the monolayer (X), which ranged from 0.026 to 0.080 gH2O / gMS for the foods tested. Using the maximum safe value of 0.65 for pet food, we obtained equilibrium moisture of 6,31 a 12,14 %.
**Keywords:** Equilibrium moisture, mathematical models, conservation, isotherm curves.

**Introdução:** A relação existente entre a umidade e atividade de água (aw) em uma dada temperatura é chamada de isoterma de sorção (Kaymak-Ertekin & Gedik, 2005). Esta relação depende da interação entre a água e fatores relacionados ao processamento e ingredientes de um alimento. Na prática, as curvas de isotermas são úteis para determinar a umidade de equilíbrio de um produto em diferentes condições ambientais, o teor de água na monocamada e efeitos dos aditivos sobre a umidade de equilíbrio em um alimento. O conhecimento destes parâmetros permite aperfeiçoar a vida de prateleira e produzir alimentos mais seguros (Gal, 1987; Pena, et al., 2000). Neste estudo foram determinadas as curvas de isotermas de adsorção aplicando-se diferentes modelos (GAB e Peleg) em 10 alimentos comerciais para cães e gatos.

**Material e Métodos:** Foram elaboradas curvas de isoterma de equilíbrio de adsorção utilizando 10 alimentos comerciais completos secos e extrusados para cães (n=6) e gatos (n=4), obtidas pelo método gravimétrico estático. Para isto soluções saturadas de cloreto de lítio, acetato de potássio, nitrito de sódio, cloreto de magnésio, cloreto de sódio e cloreto de potássio foram preparadas para que as amostras fossem mantidas em atmosferas com valores de atividade de água (aw) crescentes, em três temperaturas determinadas (30, 40 e 50°C). Pesagens periódicas das amostras foram realizadas em balanças analíticas, até a determinação de peso constante. O equilíbrio foi atingido quando três medidas de peso sucessivas não diferiam de mais de 0,01g. A umidade inicial das amostras foi determinada em estufa a 105ºC conforme descrito por AOAC (1995) e a atividade de água dos sais pelo método de ponto de orvalho, empregando-se metodologia aprovada pela AOAC (método 978.18) em equipamento específico (Aqualab 4TE, DecagonDevices, Inc, USA). Os modelos matemáticos exponenciais de Guggenheim- Anderson- de Boer (GAB) e Peleg (1993) foram usados para modelagem dos dados com base em análise de regressão não linear e a qualidade de ajuste de cada modelo foi avaliada em relação ao $R^2$ ajustado, Critério de informação de Akaike (AIC) e Desvio padrão médio (DPm).

**Resultado e Discussão:** O aumento da temperatura promoveu redução linear da umidade de equilíbrio das amostras. Esse efeito inverso entre temperatura e umidade de equilíbrio também ocorre em outros alimentos como condimentos (Yogendrarajah et al., 2015) e biscoitos extrusados (Wani & Kumar, 2016). As curvas de isoterma encontradas foram sigmóides do tipo II (Brunauer et al., 1938). Entre os modelos testados GAB apresentou um melhor ajuste para os dados, com R2 ajustado variando entre 0,18 e 0,99. O

modelo GAB fornece em sua equação o parâmetro de água na monocamada (X), o qual é importante, pois representa a água fortemente adsorvida em locais específicos do alimento e representa mínimo risco de proliferação de microorganismos (Wani & Kumar, 2016). Os valores para os 10 alimentos variaram de 0,026 à 0,080 gH2O/gMS, demonstrando elevada variação. Segundo a FEDIAF (2010), o valor máximo seguro para alimentos secos e extrusados para cães e gatos é de 0,65 para atividade de água e 14% de umidade. Nesta condição de atividade de água e nas temperaturas determinadas, pelo modelo de Pelega umidade das amostras poderia alcançar teores de umidade de equilíbrio (Xeq) entre 6,31 a 12,14%. Pelo modelo de GAB este mesmo parâmetro foi estabelecido entre 6,73 a 11,62%. Estas informações foram úteis neste estudo, pois todos os produtos apresentaram teores de umidade real (6,02 a 7,89%) inferiores aos estabelecidos pelas curvas de isoterma, sendo possível ajuste nos processos de secagem, o qual representa alto custo na produção de alimentos, mantendo o alimento seguro e sem comprometer sua vida de prateleira.

**Tabela 01.** Água na monocamada, umidade de equilíbrio e qualidade de ajuste estimada pelo modelo GAB para alimentos secos e extrusados para cães e gatos.

| Alimento | Espécie | T (°C) | X (g $H_20$/g MS) | Xeq (%) | Qualidade de ajuste | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | AIC | $R^2$ adj | DPm |
| 1 | Cão | 30 | 0,059 | 10,96 | -35,16 | 0,97 | 3,90 |
| | | 40 | 0,038 | 8,76 | -25,73 | 0,79 | 10,38 |
| | | 50 | 0,033 | 8,13 | -25,25 | 0,79 | 12,17 |
| 2 | Cão | 30 | 0,080 | 11,13 | -29,04 | 0,91 | 5,53 |
| | | 40 | 0,029 | 7,83 | -33,67 | 0,94 | 4,22 |
| | | 50 | 0,037 | 8,08 | -22,93 | 0,63 | 11,84 |
| 3 | Cão | 30 | 0,053 | 10,20 | -28,5 | 0,92 | 4,97 |
| | | 40 | 0,026 | 7,11 | -30,91 | 0,94 | 6,29 |
| | | 50 | 0,053 | 9,96 | -13,28 | 0,18 | 24,56 |
| 4 | Cão | 30 | 0,071 | 11,43 | -33,24 | 0,96 | 3,37 |
| | | 40 | 0,032 | 8,34 | -26,59 | 0,84 | 7,75 |
| | | 50 | 0,036 | 8,54 | -20,99 | 0,56 | 16,69 |
| 5 | Cão | 30 | 0,067 | 10,66 | -33,25 | 0,96 | 3,60 |
| | | 40 | 0,028 | 7,50 | -28,23 | 0,88 | 8,97 |
| | | 50 | 0,037 | 8,14 | -22,55 | 0,67 | 13,93 |
| 6 | Cão | 30 | 0,065 | 11,62 | -29,7 | 0,92 | 4,16 |
| | | 40 | 0,035 | 8,71 | -32,45 | 0,93 | 4,76 |
| | | 50 | 0,030 | 9,73 | -15,89 | 0,99 | 15,48 |
| 7 | Gato | 30 | 0,060 | 11,50 | -25,17 | 0,89 | 9,55 |
| | | 40 | 0,030 | 7,62 | -31,08 | 0,95 | 9,18 |
| | | 50 | 0,031 | 7,74 | -21,28 | 0,73 | 15,34 |
| 8 | Gato | 30 | 0,050 | 10,00 | -32,48 | 0,96 | 3,87 |
| | | 40 | 0,024 | 6,73 | -27,74 | 0,81 | 9,27 |
| | | 50 | 0,029 | 7,48 | -23,78 | 0,75 | 14,47 |
| 9 | Gato | 30 | 0,053 | 9,93 | -35,66 | 0,97 | 3,32 |
| | | 40 | 0,027 | 6,95 | -31,06 | 0,92 | 8,77 |
| | | 50 | 0,037 | 7,11 | -29,36 | 0,77 | 10,24 |
| 10 | Gato | 30 | 0,059 | 10,57 | -29,53 | 0,93 | 5,10 |
| | | 40 | 0,031 | 7,79 | -28,86 | 0,88 | 7,55 |
| | | 50 | 0,041 | 8,29 | -23,25 | 0,65 | 12,86 |

T (°C): Temperatura avaliada; X (g $H_20$/g MS): Agua na monocamada; Xeq (%): Umidade de equilíbrio estimada pelo modelo de GAB com atividade de água fixada em 0,65; AIC: Critério de informação de Akaike; $R^2$ ajd: R quadrado ajustado e DPm: Desvio padrão médio.

**Conclusão:** O modelo de GAB se mostrou mais adequado para a elaboração das curvas de isotermas de adsorção em pet food. As isotermas são importantes ferramentas para a determinação da água na monocamada e umidade de equilíbrio em alimentos extrusados, visando à produção de alimentos seguros e com vida de prateleira adequada ao prazo de validade.

**Agradecimentos:** A Empresa Manfrim Industrial SA (Santa Cruz do Rio Pardo, Brasil), pela oportunidade oferecida e apoio para a realização deste estudo.

**Referências Bibliográficas:** AOAC. 1995. Association of official analytical chemists international. Official methods of analysis. 16th ed. Arlington.
Brunauer, S., Emmett, P. H., & Teller, E. 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. Journal of the American Chemical Society, 60, 309-320.
FEDIAF. 2010. European Pet Food Industry Federation. Guide to Good Practice for the Manufacturing of Safe Pet Foods.
Gal, S. 1987. The need for, and practical applications of sorption data. In R. Jowitt, F. Escher, B. Hallstro¨m, H. Mefert, W. Spiess, & G. Vos (Eds.), Physical properties of foods. London., pp. 13–25.
Kaymak-Ertekin, F., &Gedik, A. 2005. Sorption isotherms and isosteric heat of sorption for grapes, apricots, apples and potatoes. Lebensmittel-Wissenchaft und Technology, 37, 429–438.
Peleg, M., 1993. Assessment of a semi-empiricalfour parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. Journal of FoodProcess Engineering. 16, 21-37.
Pena, R. S., Ribeiro, C.C., Grandi, J. G. 2000. Aplicação de modelos matemáticos bi e triparamétricos na predição de isotermas de adsorção de umidade de guaraná (PaulliniaCupuna) em pó. Ciência e Tecnologia de alimentos, 20, 8-11.
Wani, S. A., &Kumar, P. 2016. Moisture sorption isotherms and evaluation of quality changes in extruded snacks during storage. Food Science and Technology, 74, 448-455.
Yogendrarajah, P.,Samapundo, S., Devlieghere, F., De Saeger, S., De Meulenaer, B. 2015. Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of whole black peppercorns (Piper nigrum L.). Food Science and Technology, 64, 177-188.