



08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

DETERMINAÇÃO DE META-MODELOS PARA A REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DA MANGA USANDO KRIGING

Thaís Alves Barbosa¹ – thais.barbosa@ifgoiano.edu.br

Fran Sérgio Lobato² – fslobato@ufu.br

Edu Barbosa Arruda³ – edu.arruda@uftm.edu.br

¹Instituto Federal Goiano, BR-153, KM 633, Zona Rural, Campus Morrinhos, CEP 75650-000, Morrinhos, GO, Brasil

²Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila 2121 - Campus Santa Mônica, CEP 38408-144, Bloco 1K, Uberlândia, MG, Brasil

³Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Av. Doutor Randolpho Borges Junior, 1250, Univerdecidade, Uberaba, MG, Brasil

Resumo. Tradicionalmente, os diferentes fenômenos em engenharia são modelados por equações diferenciais que representam as leis de conservação de massa, energia e momento. Em várias aplicações, tais como a otimização on-line de um dado processo, é necessário que estes modelos diferenciais sejam avaliados em um intervalo de tempo que permita a sua utilização prática. Para fins da redução do tempo necessário para a avaliação dos modelos diferenciais, a literatura especializada tem utilizado como alternativa técnicas de meta-modelagem. Neste cenário, a presente contribuição tem como objetivo utilizar a técnica de interpolação de Kriging para a determinação de meta-modelos no processo de desidratação osmótica da manga para representar a incorporação de sólidos e a variação de peso do fruto desidratado neste processo. Para comparar os resultados obtidos também considera-se a determinação de modelos quadráticos tradicionais. Os resultados obtidos demonstram que a metodologia empregada configura-se como uma alternativa interessante para o tratamento deste tipo de problema.

Palavras-Chave: Meta-modelos, Kriging, ajuste de parâmetros, processo real.

1. INTRODUÇÃO

Em engenharia, os fenômenos da natureza podem ser representados por modelos diferenciais ou por modelos algébricos. Os diferenciais são aqueles baseados nas leis de conservação de massa, energia e momento, para a determinação da forma como as variáveis dependentes se relacionam com as variáveis independentes dinamicamente. Já os modelos algébricos são aqueles baseados em equações mais simples, geralmente polinômios, e que são determinados a partir de uma série de testes preliminares.

Do ponto de vista computacional, avaliar uma equação algébrica requer muito menos esforço do que avaliar uma equação diferencial. Assim, se o fenômeno em análise puder ser representado por uma equação puramente algébrica, a sua aplicabilidade em diferentes contextos pode ser potencializada, isto é, ganha-se em termos do tempo de processamento, permitindo, por exemplo, a otimização on-line de processos.

No contexto da representação algébrica dos fenômenos da natureza, a literatura especializada apresenta duas alternativas, a saber, a técnica de superfície de respostas e o método de interpolação de Kriging. Na primeira, considera-se um polinômio como modelo (determinístico) para a representação do fenômeno. Já na segunda, considera-se uma combinação entre diferentes modelos (determinístico e estocástico) para fins da representação dos fenômenos encontrados na natureza. Em ambas as estratégias, um problema de otimização em que deseja-se determinar os parâmetros de cada modelo considerado deve ser formulado e resolvido.

Diante do que foi apresentado, a presente contribuição tem por objetivo avaliar o desempenho do método de interpolação de Kriging em um processo real de engenharia, a saber na representação do fenômeno da desidratação osmótica da manga (*Mangifera indica* L.). Para essa finalidade, duas tradicionais respostas deste processo (incorporação de sólidos e variação de peso do fruto desidratado) são determinadas em função das variáveis do processo (temperatura, concentração da solução e tempo de imersão). Para avaliar os resultados obtidos considera-se a determinação de modelos quadráticos tradicionais e diferentes combinações entre modelos algébricos em Kriging. Este trabalho está estruturado como segue. Na seção 2 são apresentadas uma breve revisão das técnicas de meta-modelagem utilizadas na literatura. Já nas seções 3 e 4 são descritos o processo de desidratação osmótica da manga e a metodologia, respectivamente. Na seção 5 são apresentados os resultados com a aplicação destas duas técnicas ao processo citado. Na última seção são apresentados as conclusões deste trabalho.

2. TÉCNICAS DE META-MODELAGEM

Conforme descrito anteriormente, para a representação dos diferentes fenômenos que podem ser encontrados na natureza podem ser considerados modelos diferenciais e modelos algébricos. A grande vantagem dos modelos algébricos é que, se o fenômeno em análise puder ser representado por um modelo mais simples, a sua aplicabilidade em diferentes contextos, como por exemplo em otimização, pode ser facilitada, visto que para resolver este tipo de problema faz-se necessário a avaliação do modelo matemático inúmeras vezes. Por outro lado, se o modelo a ser avaliado for diferencial, o tempo requerido para a sua avaliação é bem superior ao requerido para a avaliação de um modelo puramente algébrico.

Neste cenário, a seguir são apresentadas, de forma resumida, as duas abordagens algébricas mais empregadas para a representação dos fenômenos encontrados na natureza.

2.1 Metodologia de Superfície de Respostas

A Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) configura-se como uma coleção de ferramentas matemáticas e estatísticas usadas em pesquisa com a finalidade de representar os fenômenos observados na natureza (Montgomery, 2000). Esta é composta por uma série de planejamentos e análise de experimentos, em que se busca relacionar como as variáveis independentes afetam as variáveis dependentes (Box e Hunter, 1978). Segundo Montgomery (2000), a MSR visa estabelecer uma descrição de como uma resposta é afetada por um número de fatores em alguma região de interesse, bem como estudar e explorar a relação entre

as variáveis respostas extremos obrigatórios; localizar e explorar a vizinhança de reposta máxima ou mínima, dependendo do interesse da pesquisa.

De forma geral, para a representação matemática de um dado fenômeno, as seguintes equações são empregadas:

$$Y = \beta_o + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

$$Y = \beta_o + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{ii=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (2)$$

em que Y é a resposta analisada, x é o vetor de variáveis independentes, β é o vetor de variáveis a ser determinado pela resolução de um problema de otimização e ε é o resíduo.

Como pode ser visto nestas equações, considera-se um polinômio em que podem ser analisadas as influências de termos cruzados como modelo para fins da representação dos pontos experimentais relacionados a um dado fenômeno da natureza. Neste caso, a principal vantagem é a simplicidade do modelo considerado. Todavia, esta simplicidade pode não ser suficiente para que se tenha uma boa concordância entre os pontos experimentais e os simulados por este modelo polinomial (Montgomery, 2000).

2.2 Método de Interpolação de Kriging

Para aumentar a capacidade de predição de um modelo polinomial, o engenheiro de mineração Danie G. Krige (Krige, 1951) propôs a combinação de modelos polinomiais com modelos estocásticos para o tratamento em geoestatística. Esta abordagem, denominada de método de interpolação de Kriging, foi aprimorada alguns anos depois por Matheron (1963). Mas foi somente com o trabalho de Sacks et al. (1989) que essa metodologia ganhou destaque como estratégia para a modelagem de sistemas de engenharia.

Em linhas gerais, o método de interpolação de Kriging consiste em tratar o modelo proposto como que seja capaz de representar um processo estocástico (Forrester et al., 2008; Gaspar et al., 2014; Hussein e Deb, 2016). Por este motivo, o modelo matemático para a aproximação usando Kriging consiste de uma combinação de duas contribuições:

$$Y(x) = F(x) + Z(x) \quad (3)$$

em que $Y(x)$ é a resposta determinista desconhecida, $F(x)$ é uma função mais simples (geralmente polinomial como as descritas na subseção anterior) de x , e $Z(x)$ é a contribuição estocástica com média zero, com variância σ^2 e covariância diferente de zero, denominada de funções de correlação. Tais funções podem ser classificadas em dois grupos, um em que as funções que têm um comportamento parabólico perto da origem (Gauss, Cubica e Spline), e a outra em que as funções apresentam um comportamento linear próximo à origem (Exponencial, Linear e Esférico). Segundo Lophaven et al. (2002), a escolha da função de correlação deve ser motivada pelas características do fenômeno analisado. Por exemplo, se o fenômeno a ser modelado é continuamente diferente, a função de correlação, provavelmente, terá um comportamento parabólico perto da origem, o que significa que os modelos gaussianos, uma aproximação cúbica ou uma spline devem ser candidatas. Por outro lado, se o fenômeno demonstrar um comportamento linear perto da origem, uma correlação exponencial, linear ou esférica são candidatas naturais para a representação do processo em análise.

Em um modelo estocástico, a mudança nos pontos experimentais considerados é, pelo menos, parcialmente aleatória. Assim, a modelagem de um processo estocástico em relação aos dados experimentais fornece uma visão sobre como essa função pode se comportar e

quanto essa tende a mudar à medida que novos pontos que apresentam quantidades distintas em cada coordenada (Lophaven et al., 2002).

Do ponto de vista matemático, no processo estocástico assume-se que os erros são dependentes, isto é, a correlação entre os erros está relacionada com a distância entre os pontos correspondentes. Assim, esta distância pode ser modelada considerando a seguinte expressão:

$$d(x^i, x^j) = \sum_{k=1}^K \theta_k |x_k^i - x_k^j|^{p_k} \quad (4)$$

em que θ e p são vetores de parâmetros que devem ser determinados para cada variável que deve ser ajustada. Cabe ressaltar que o vetor de parâmetros p está relacionado à suavidade com que a correlação entre dois pontos decai ao serem afastados (Lophaven et al., 2002).

No método de interpolação de Kriging, as variáveis aleatórias são correlacionadas através da seguinte relação:

$$d(x^i, x^j) = \exp\left(-\sum_{k=1}^K \theta_k |x_k^i - x_k^j|^{p_k}\right) \quad (5)$$

A partir da Eq. (5) é possível construir uma matriz de correlação de todas as amostras:

$$\Psi = \begin{pmatrix} \text{cor}(\beta(x^1), \beta(x^1)) & \cdots & \text{cor}(\beta(x^1), \beta(x^n)) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{cor}(\beta(x^n), \beta(x^1)) & \vdots & \text{cor}(\beta(x^n), \beta(x^n)) \end{pmatrix} \quad (6)$$

além da matriz de covariância:

$$\text{Cor}(\beta\beta) = \sigma^2 \Psi \quad (7)$$

A matriz ψ permite que um conjunto de variáveis aleatórias correlacionadas sejam descritas na forma matricial.

Mais detalhes sobre o desenvolvimento matemático do método de interpolação de Kriging podem ser encontrados em Lophaven et al. (2002).

3. O PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

O processo de desidratação osmótica, também conhecido como desidratação por imersão-impregnação, é um pré-tratamento físico muito utilizado para a secagem de produtos alimentícios altamente perecíveis (Duarte et al., 2012; Fontes et al., 2012). Considera-se este como sendo um método energeticamente econômico visto que não exige mudança de fase, bem como possibilita uma maior perda de água do produto em comparação a processos de secagem convencionais. Como resultado tem-se a diminuição da massa do alimento, o que implica na economia e praticidade do seu transporte e armazenamento (Duarte et al., 2012).

Em linhas gerais, o processo de desidratação osmótica consiste na transferência de massa da água contida na fruta para a solução, que por sua vez, transfere soluto para a fruta. Os fatores influenciadores nesse tipo de desidratação são principalmente geometria do alimento, tipo de soluto, concentração da solução, temperatura e tempo de imersão (Duarte et al., 2012).

Além da economia de energia no processo em relação à secagem convencional, este também preserva características sensoriais e nutricionais de frutas, o que implica no aumento

da vida de prateleira destes produtos nos períodos entressafra (Duarte et al., 2012; Fontes et al., 2012). Por outro lado, cabe ressaltar que a perda de umidade pela desidratação osmótica não é o suficiente para garantir estabilidade ao produto. Por isso, este processo é utilizado como pré-tratamento, necessitando de posterior secagem a ar, liofilização ou vácuo (Souza, 2007).

Nos últimos anos, inúmeros trabalhos considerando o processo de desidratação osmótica de frutas e hortaliças podem ser encontrados na literatura. Dentre estes pode-se citar a sua aplicabilidade para a secagem da: *i*) manga (Souza, 2007); *ii*) batata doce (Fontes et al., 2012); *iii*) goiaba (Queiroz, 2010); *iv*) jaca (Duarte et al., 2012); *v*) laranja (Mendes et al., 2013); *vi*) pêssego (Germer et al., 2011); e *vii*) uva (Porto et al., 2014).

4. METODOLOGIA

Para fins da aplicação da metodologia proposta, alguns pontos devem ser destacados:

- Os pontos experimentais considerados neste trabalho para a desidratação osmótica da manga foram obtidos por Souza (2007). Duas respostas foram avaliadas por este autor, a saber, a incorporação de sólidos (*IS*) e a variação de peso do fruto desidratado (*VP*), ambas em função da temperatura codificada (X_1), da concentração codificada (X_2) e do tempo codificado (X_3);
- Para a MSR foi considerado um polinômio de segunda ordem, ajustado via minimização do somatório da diferença entre o modelo proposto e os dados experimentais. Para a resolução do problema de otimização considerou-se o algoritmo de programação quadrática sequencial;
- Para avaliar o efeito da escolha do modelo considerado em Kriging, diferentes combinações entre a uma função polinomial (LIN - linear e QUA - quadrática) e as seguintes funções de correlação são consideradas:

$$EXPG = \exp\left(-\theta_j |d_j|^{p_j}\right) \quad (8)$$

$$GAUSS = \exp\left(-\theta_j d_j^2\right) \quad (9)$$

Assim, foram analisadas as seguintes combinações: A (LIN+EXPG), B (LIN+GAUSS), C (QUA+EXPG) e D (QUA+GAUSS).

- Para mensurar a qualidade do ajuste obtido com cada modelo, foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2) (CHAPRA, 2013):

$$R^2 \equiv 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i^{exp} - y_i^{cal})^2}{\sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i^{cal})^2} \quad (10)$$

em que \bar{y} é a média, y^{exp} e y^{cal} representam os pontos experimentais e preditos pelo modelo considerado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os pontos experimentais para a desidratação osmótica da manga obtidos por Souza (2007). Nestes dados avalia-se a influencia da temperatura (T), da

concentração da solução osmótica (C) e do tempo de imersão (t) em duas respostas, a saber, na variação de peso (VP) e na incorporação de sólidos (IS).

Tabela 1 - Respostas das variáveis dependentes em função das independentes (SOUZA, 2007).

T (°C)	C (%)	t (h)	IS (%)	VP (%)	T (°C)	C (%)	t (h)	IS (%)	VP (%)
30	30	2	6,30	5,56	45	16	3	0,60	5,10
60	30	2	7,93	12,77	45	84	3	8,40	34,97
30	70	2	6,91	25,84	45	50	1,3	4,79	21,38
60	70	2	8,44	41,38	45	50	4,7	15,51	26,75
30	30	4	8,43	6,53	45	50	3	4,75	25,69
60	30	4	10,16	13,22	45	50	3	3,55	26,19
30	70	4	10,98	40,04	45	50	3	5,23	26,56
60	70	4	16,76	42,51	45	50	3	3,60	27,37
20	50	3	9,23	24,86	45	50	3	4,70	26,04
70	50	3	9,23	34,37					

Já na Tabela 2 são apresentadas as codificações das variáveis independentes (com nível de codificação (α) igual a 1,68).

Tabela 2 - Codificação das variáveis (SOUZA, 2007).

Níveis codificados	T (°C)	C (%)	t (h)
$-\alpha$	20	16	1,3
-1	30	30	2
0	45	50	3
+1	60	70	4
$+\alpha$	70	84	4,7

As Tabelas 3 e 4 apresentam os coeficientes dos meta-modelos obtidos para cada uma das respostas considerando a metodologia proposta.

Tabela 3 - Coeficientes dos meta-modelos para o IS .

	Souza (2007)	MSR		A	B	C	D
β_0	4,315	4,315	β_0	-0,067	-0,067	-1,015	-1,015
β_1	0,781	0,782	β_1	0,192	0,192	0,192	0,192
β_2	1,712	1,713	β_2	0,421	0,421	0,421	0,421
β_3	2,546	2,546	β_3	0,583	0,583	0,627	0,627
β_{11}	1,999	2,000	β_{11}	-	-	0,472	0,472
β_{22}	NS	0,326	β_{22}	-	-	0,120	0,120
β_{33}	2,324	2,326	β_{33}	-	-	0,132	0,132
β_{12}	NS	0,495	θ_1	0,499	12,311	11,823	13,195
β_{13}	NS	0,545	θ_2	0,079	17,411	14,556	17,411
β_{23}	1,004	1,003	θ_3	20,073	-	20	-
-	-	-	P	50,396	22,974	25,198	22,974
R^2	0,898	0,919	R^2	1	1	1	1

NS - Não Significativo.

Tabela 4 - Coeficientes dos metamodelos para o VP.

	Souza (2007)	MSR		A	B	C	D
β_0	26,408	26,408	β_0	0	0	-0,223	-0,223
β_1	3,507	3,508	β_1	0,049	0,049	-0,049	-0,049
β_2	11,856	11,864	β_2	0,467	0,467	0,467	0,467
β_3	1,888	1,888	β_3	0,383	0,383	0,383	0,383
β_{11}	0,938	0,942	β_{11}	-	-	0,188	0,188
β_{22}	-2,448	-2,454	β_{22}	-	-	0,480	0,480
β_{33}	-1,024	-1,027	β_{33}	-	-	-0,552	-0,552
β_{12}	NS	0,514	θ_1	6,345	84,454	0,006	0,084
β_{13}	-1,699	-1,699	θ_2	40,345	1000,03	0,040	1,988
β_{23}	1,739	1,739	θ_3	256,454	-	0,256	2,898
-			p	1,095	2,053	1,094	1,908
R^2	0,951	0,954	R^2	1	1	1	1

NS - Não Significativo.

Nestas tabelas observa-se que, primeiramente, os resultados obtidos considerando a MSR são equivalentes aos reportados por Souza (2007). Já quando são consideradas combinações propostas para o método de interpolação de Kriging observa-se que em todas estas o coeficiente de determinação é igual a unidade. Isto significa que em todas as combinações consideradas, o método de interpolação de Kriging foi capaz de determinar os coeficientes dos modelos determinísticos e estocásticos de forma que sempre foi encontrada uma boa concordância entre os pontos experimentais e os preditos por cada um destes modelos. É importante destacar que a qualidade destes resultados, representada pelo valor do coeficiente de determinação obtido, se deve a capacidade do método de interpolação de Kriging de associar dois tipos de modelos, um determinístico e um estocástico. Finalmente, ressalta-se que este aumento de qualidade não implicou num aumento tão pronunciado do número de parâmetros em relação ao emprego de modelos polinomiais de ordem superior a dois.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes combinações de modelos de predição no método de interpolação de Kriging para fins da determinação das respostas no processo de desidratação osmótica de manga. Para esta finalidade, duas respostas foram obtidas, a saber, a variação de peso e a incorporação de sólidos em função de três variáveis independentes, a temperatura, a concentração da solução osmótica e o tempo de imersão. A partir dos resultados obtidos foi possível observar que, para todas as combinações consideradas, sempre foi encontrado um coeficiente de determinação igual a unidade, o que indica uma boa concordância entre os pontos experimentais e os preditos pelo modelo de predição. Cabe ressaltar que estes resultados, para todas as situações analisadas, são superiores aos obtidos pelo MSR.

Como proposta de trabalho futuro pretende-se desenvolver uma metodologia para a aquisição de pontos experimentais para outras frutas de interesse da região, bem como propor e resolver um problema de otimização multi-objetivo com os modelos obtidos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do CNPq, da CAPES, da FAPEMIG e da FAPEG para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Box, G. E e Hunter, J. S. (1978), “*Statistics for Experiments*”, Printed in the United States of America.
- Chapra, S. C. (2013), Métodos numéricos aplicados com matlab para engenheiros e cientistas. Editora McGraw Hill, 3ª Ed.
- Duarte, M. E. M. Ugulino, S. M. P.; Mata, M. E. R. M. C.; Gouveia, D. S.; Queiroz, A. J. M. (2012), Desidratação osmótica de fatias de jaca. Revista ciência agrônômica, 43, 478-483.
- Fontes, L. C. B., Sivi, T. C.; Ramos, K. K.; Queiroz, F. P. C. (2012), Efeito das condições operacionais no processo de desidratação osmótica de batata-doce. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, 14, 1-13.
- Forrester, A. I. J., Sobester, A., Keane, A. J. (2008), “*Engineering Design via Surrogate Modelling: A Practical Guide*”. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, UK.
- Gaspar, B., Teixeira, A. P., Soares, C. G. (2014), Assessment of the efficiency of Kriging surrogate models for structural reliability analysis. Elsevier, Probabilistic Engineering Mechanics, 37, 24-34.
- Germer, S. P. M., Queiroz, M. R.; Aguirre, J. M.; Berbari, S. A. G.; Anjos, V. D. (2011), Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15, 161-169.
- Hussein, R., Deb, K. (2016), “*A Generative Kriging Surrogate Model for Constrained and Unconstrained Multi-objective Optimization*”, *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, Colorado, 573-580.
- Krige, D. (1951), A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Engineering Society of South Africa, 52, 119-139.
- Matheron, G. (1963), “*Principles of Geostatistics. Economic Geology*”, 58, 1246-1266.
- Mendes, G.R.L. Freitas, C. H.; Scaglioni, P. T.; Schmidt, C. G.; Furlong, E. B. (2013), Condições para desidratação osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 17, 1210-1216.
- Montgomery, D. C. (2000), “*Design and Analysis of Experiments*”, 5 ed, Ed John Wiley & Sons.
- Porto, M. A. L., Guerra, N. B., Vasconcelos, M. A. S., Siqueira, A. M. O., Andrade, S. A. .C. (2014), Otimização da desidratação osmótica de uva Crimson Seedless. Revista Ciência Agrônômica, 45, 249-256.
- Queiroz, V.A.V. (2010), Mecanismos de transferência de massa na desidratação osmótica de goiaba em soluções de sacarose, sucralose e açúcar invertido. Engenharia agrícola, Jaboticabal, 30, 715-725.
- Lophaven, S. N., Nielsen, H. B., Søndergaard, J. (2002), DACE - A MATLAB Kriging Toolbox Version 2.0, Technical University of Denmark, DK-2800 Kgs. Lyngby – Denmark.
- Sacks, J., Welch, W. J., Mitchell, T. J., Wynn, H. P. (1989), Design and Analysis of Computer Experiments. Statistical Science, 4, 409-423.
- Souza, K. A. (2007), “*Otimização do processo de desidratação osmótica de manga (Mangifera indica L.) variedade espada*”. Dissertação de Mestrado, DN/UFPE, Recife.

DETERMINATION OF META-MODELS FOR THE REPRESENTATION OF OSMOTIC DEHYDRATION PROCESS OF MANGO USING KRIGING

Abstract. Traditionally, the different phenomena in engineering are modeled by equations that represent the laws of conservation (mass, energy and momentum). In several applications, such as online optimization of a given process, it is necessary that these differential models be evaluate rapidly. In order to reduce the time required to evaluate these differential models, the literature has used meta-modeling techniques. In this context, the present contribution aims to apply the Kriging strategy as methodology to represent the osmotic dehydration phenomenon of mango through the determination of solids incorporation and weight variation in dehydrated fruit in this process. The results obtained are compared with those obtained by quadratic polynomial models. The results demonstrate that the proposed methodology is configured as an interesting alternative to solve this kind of problem.

Keywords: Meta-Models, Kriging, parameters estimation, real process.