



FATORES DE INFLUÊNCIA NA MANUTENÇÃO TÉRMICA DE EMBALAGENS PARA TRANSPORTE DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS E VETERINÁRIOS TERMOLÁBEIS

Lucas Grigoletto **Lago**¹; Raquel Massulo **Souza**²; Bruno Furgeri **Gasparino**³; Léa Mariza de **Oliveira**⁴

Nº 20205

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo determinar os principais fatores de influência na manutenção térmica de configurações de embalagens utilizadas para transporte de produtos termolábeis por meio de planejamento experimental. Oito variáveis foram selecionadas para estudo em dois níveis (máximo e mínimo): densidade do poliestireno expandido (EPS) da caixa térmica, quantidade de produto dentro da embalagem, uso de separador de papelão ondulado, tipo e quantidade de cargas térmicas (sachês), uso de embalagem secundária, tempo de congelamento e arranjo das cargas térmicas. O delineamento adotado foi o Plackett & Burman. As caixas de EPS foram caracterizadas e apresentaram diferença de 2 L entre os espaços livres e 0,004 g/cm³ na densidade. As cargas térmicas foram monitoradas e ambas, de 500 mL e 1000 mL, atingiram congelamento total após cerca de 70h de condicionamento a -18 °C. A partir dos resultados obtidos nos experimentos realizados e com nível de 70% de confiança, devido a possíveis erros experimentais sistemáticos, concluiu-se que (1) a variável com efeito significativo no tempo (h) decorrido até a temperatura do simulante atingir 8 °C foi a carga de produto, (2) com relação à temperatura mais elevada atingida pelo simulante após as 48h, as variáveis significativas foram carga de sachê, arranjo de sachê, separador e (3) no custo do processo de montagem da caixa para expedição, em ordem de importância, se destacaram: tempo de congelamento do sachê, carga de produto, densidade de EPS, carga de sachê, separador e tipo de sachê.

Palavras-chaves: Produtos termolábeis, Manutenção térmica, Planejamento experimental, EPS, Cargas Térmicas.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP; lucas.lago@outlook.com

2 Colaborador, Assistente Técnico de Pesquisa Científica e Tecnológica do Cetea-Ital, Campinas-SP.

3 Colaborador, Técnico de Laboratório do Cetea-Ital, Campinas-SP.

4 Orientador: Pesquisador Científico do Cetea-Ital, Campinas-SP; leamzov@ital.sp.gov.br



ABSTRACT – *The aim of this study was to determine the main influencing factors in the thermal maintenance of packaging configurations used to transport thermolabile products by experimental design. Eight variables were studied at two levels (maximum and minimum): expanded polystyrene (EPS) density of the thermal box, quantity of product in the box, use of paperboard separator, type and quantity of thermal sachets, use of secondary packaging, freezing time and arrangement of thermal sachets. The design adopted was the Plackett & Burman. The difference between the two EPS boxes was 2 L in the headspace and 0.004 g/cm³ in density. Thermal sachets, 500 mL and 1000 mL, reached total freezing after about 70h of conditioning at -18°C. The experiment conclusions at the 70% confidence level were: (1) the quantity of product has significant effect on time elapsed until the simulant temperature reach 8 °C; (2) the sachet quantity, sachet arrangement and separator were the variables significant related to the highest temperature reached by the simulant after 48 hours and; (3) the cost of the process of assembling the box for shipping in the order of importance were sachet freeze time, product load, EPS density, sachet load, separator and sachet type.*

Keywords: Thermolabile products, Thermal maintenance, Experimental design, EPS box, Thermal sachet

1 INTRODUÇÃO

Medicamentos biológicos são, frequentemente, constituídos por moléculas proteicas altamente complexas, cuja atividade é dependente da sua integridade estrutural. Tanto a instabilidade química quanto a física podem contribuir para uma perda de atividade do princípio ativo. A instabilidade física e/ou química pode ser minimizada com cuidado especial no armazenamento e transporte que geralmente são realizados sob temperatura controlada (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2017).

Toda a cadeia logística de produtos veterinários é regulamentada e fiscalizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As exigências para garantir a eficiência da cadeia dos produtos passam por boas práticas de armazenagem e transporte que impõem alto grau de especialização e adequação técnica (Manual..., 2016).

Embalagens com propriedades térmicas fabricadas em poliestireno expandido (EPS) representam a forma mais prática, barata e viável para o transporte e a distribuição de produtos termossensíveis, pois possibilita a manutenção da sua estabilidade química e biológica durante as etapas logísticas as quais são submetidos mantendo a temperatura na faixa ideal de 2 °C a 15 °C,



na maioria dos casos (PLASTIVIDA, 2017), ou de 2 °C a 8 °C, a exemplo da vacina contra febre aftosa (SÃO PAULO, s.d.).

Apesar das empresas de logística farmacêutica e veterinária realizarem estudos para a definição da melhor configuração para o transporte de produtos termolábeis, a quantidade de fatores envolvidos impede um estudo mais aprofundado, o que resulta na aplicação de testes de desempenho comparativos. Desta forma, não é possível determinar quais os fatores de maior influência na manutenção térmica desses sistemas de transporte o que pode ser atingido com a utilização das ferramentas do planejamento experimental.

O objetivo geral deste trabalho foi determinar, utilizando as ferramentas do planejamento experimental, os principais fatores de influência na manutenção térmica de embalagens de EPS (poliestireno expandido) utilizadas no transporte de produtos farmacêuticos e veterinários termolábeis, a fim de se obter subsídios para definição da melhor configuração do conteúdo a ser adotada para garantia da eficiência da embalagem na conservação dos produtos da expedição até o seu destino final.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Definição dos fatores críticos na manutenção térmica das embalagens

A definição dos fatores críticos foi realizada com base em informações levantadas junto a fabricantes e usuários de materiais responsáveis pela manutenção térmica das embalagens e, principalmente, a empresas de logística que atuam no ramo de transporte e distribuição de produtos farmacêuticos e veterinários termolábeis. A partir da análise das etapas do processo foram definidas oito variáveis na conservação dos produtos, da expedição até o seu destino, e que foram objeto desse estudo: (a) as caixas de poliestireno expandido, em especial a densidade do EPS utilizado em sua confecção; (b) a quantidade de produto acondicionado nas caixas; (c) a utilização de separadores de papelão ondulado perfurado; (d) a utilização de embalagens secundárias (saco plástico) que separam os produtos do contato direto com as cargas térmicas; (e) o tipo (capacidade volumétrica) da carga térmica; (f) a quantidade de cargas térmicas; (g) o arranjo de carga térmicas e (h) o tempo de congelamento das cargas térmicas utilizadas.



2.2 Caracterização das embalagens de EPS e das cargas térmicas

2.2.1 Embalagens de EPS

As caixas de EPS foram caracterizadas quanto as dimensões internas, volume interno total e densidade aparente do poliestireno expandido utilizado em sua fabricação.

As dimensões e o volume interno total foram determinados com base em metodologias descritas por Oliveira & Queiroz (2008). Três unidades de cada embalagem tiveram as dimensões internas (largura, comprimento e altura) determinadas com escala metálica Marberg, com resolução de 1 mm e calibres Regmed, com resolução de 0,1 mm.

Para a determinação do volume interno total a massa de cada caixa foi determinada em balança de precisão Sartorius, com resolução de 0,002 kg. Posteriormente as embalagens foram preenchidas com água para nova pesagem. As temperaturas da água foram registradas e os volumes calculados com base na densidade da água. Três unidades de cada caixa foram avaliadas.

A densidade aparente do EPS foi determinada com base na norma ASTM D1622 (2014). Corpos de prova com cerca de 100 mm x 100 mm x espessura foram pesados em balança semi analítica da marca Shimadzu, com resolução de 0,01 g, e tiveram as dimensões determinadas com paquímetro Mitutoyo, com 0,01 mm de resolução. A densidade foi calculada relacionando-se a massa do corpo de prova com o respectivo volume. Foram ensaiados dez corpos de prova por caixa.

2.2.2 Cargas térmicas

As cargas térmicas foram caracterizadas quanto ao seu perfil de tempo de congelamento em duas condições, com circulação de ar parcial e circulação de ar total ao seu redor dentro da câmara de estocagem, com base na norma ASTM D3103 (2014).

Três unidades de cada amostra de carga térmica contendo sensores de temperatura marca Testo, com resolução de 0,1 °C, e estabilizadas à temperatura de 23 °C \pm 2 °C foram condicionadas em câmara de estocagem à temperatura de -18 °C \pm 2 °C, pelo período de 5 dias (120 horas).

2.3. Planejamento Experimental

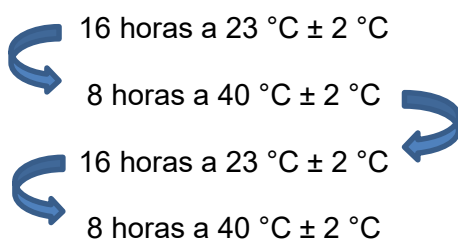
Utilizou-se o experimento Plackett & Burman (VANAJA; SHOBHA RANI, 2008). Esse delineamento utiliza experimentos de resolução III, de 2 níveis (mínimo e máximo), no qual as interações de 2 fatores ou mais são desprezíveis, e assim, é possível identificar os fatores mais importantes no início da fase de experimentação e, posteriormente, realizar outros experimentos para otimização do processo (RODRIGUES; IEMMA, 2009). O experimento foi delineado utilizando as

ferramentas do software livre *Essencial Experimental Design* o qual permite a obtenção de até 3 respostas. Com base nas necessidades dos sistemas de logística de transporte e distribuição de produtos farmacêuticos e veterinários termolábeis, as respostas selecionadas para estudos foram: (a) Tempo decorrido até o primeiro sensor inserido no simulante atingir a temperatura de 8 °C; (b) Temperatura mais elevada atingida pelo sensor inserido no simulante após as 48h de avaliação; (c) Custo do processo de montagem da caixa para expedição. As fontes de custo estimadas e utilizadas para cálculo foram: saco de polietileno (embalagem secundária que envolve as vacinas em alguns experimentos), fita adesiva (utilizada para fechar as caixas de EPS), cargas térmicas, caixas de EPS, separador de papelão ondulado perfurado, energia consumida para o congelamento das cargas térmicas e o produto termolábil.

2.4 Monitoramento de temperatura - Aplicação do Planejamento experimental

O monitoramento da temperatura interna das caixas de EPS, montadas simulando expedições, foi realizado com base nos fatores críticos selecionados e no planejamento experimental definido, através de sensores de temperatura, com resolução de 0,1 °C, marca Testo, inseridos em três unidades de simulantes de produtos termolábeis com registro em intervalos de 5 min.

Em todos os ensaios, um sensor de temperatura registrou a temperatura do ambiente. Os simulantes foram condicionados à temperatura de 4 °C \pm 2 °C por, pelo menos, 48 horas anteriores aos ensaios. Após a montagem das configurações, as caixas foram tampadas, adicionou-se uma volta e meia de fita adesiva e seguiu-se o monitoramento do seguinte ciclo térmico, totalizando 48 horas de avaliação:



Ao final do período, as seguintes respostas foram coletadas, selecionadas com base nas necessidades dos sistemas de logística de transporte e distribuição de produtos farmacêuticos e veterinários termolábeis: (a) Tempo (h) decorrido até o primeiro sensor inserido no simulante atingir a temperatura de 8 °C, temperatura máxima na qual é indicado condicionar a maioria dos farmacêuticos termolábeis sem que percam sua função biológica; (b) Temperatura (°C) mais elevada atingida pelo sensor inserido no simulante após as 48h de avaliação; (c) Custo (R\$) do processo de montagem da caixa para expedição. As fontes de custos estimadas e utilizadas para cálculo foram:

- Saco de polietileno (embalagem secundária que envolve as vacinas) - R\$0,06/unidade,
- Fita adesiva (utilizada para fechar as caixas de EPS) - R\$0,19/2,45 m (1 ½ volta)
- Caixa de EPS - R\$17,45/unidade (menor densidade) e R\$23,00/unidade (maior densidade),
- Separador de papelão ondulado perfurado - R\$3,54/unidade,
- Cargas térmicas - 500 mL - R\$1,40/unidade e 1000 mL - R\$2,34/unidade e
- Energia consumida para o congelamento das cargas térmicas - R\$102,55/3 dias e R\$170,91/5 dias.

O custo referente ao produto termolábil é muito difícil de ser estimado visto a variedade de produtos que podem ser expedidos, assim, utilizou-se o custo simbólico de R\$ 1,00 para a carga de mínima (390 g) e R\$ 20,00, para a carga máxima (7800 g).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização das caixas de EPS

A Tabela 1 apresenta os resultados de caracterização das embalagens de EPS que foram utilizadas nos experimentos.

Tabela 1. Resultados de caracterização. *

Embalagem	Dimensão (cm)				Densidade (g/cm³)	Volume (L)
		Média	CV (%)	IV		
A	Comprimento	Inferior	38,8	0,15	0,019	43
		Superior	40,0	0,14		
	Largura	Inferior	29,6	0,20		
		Superior	30,8	0,19		
	Altura	35,9	0	35,9 - 35,9		
B	Comprimento	Inferior	38,7	0	0,023	41
		Superior	39,7	0		
	Largura	Inferior	29,7	0		
		Superior	30,6	0,19		
	Altura	35,0	0	35,0 - 35,0		

*Resultado referente à 3 determinações; CV(%)= Coeficiente de variação; IV= Intervalo de variação

3.2 Caracterização das cargas térmicas (sachês)

As cargas térmicas foram estudadas em duas condições de congelamento, com circulação parcial e total de ar ao seu redor dentro da câmara de estocagem.



Na condição de circulação parcial de ar, as cargas térmicas de 500 mL atingiram a temperatura de congelamento, - 18 °C, após cerca de 72 h de condicionamento e na condição de circulação total, após cerca de 11 h.

Na condição de circulação parcial de ar, as cargas térmicas de 1000 mL atingiram congelamento após cerca de 72 h de condicionamento e na condição de circulação total, após cerca de 14 h.

Esse experimento confirmou que o condicionamento com circulação parcial de ar entre as cargas térmicas faz com que nem todas atinjam a temperatura de congelamento ao mesmo tempo e no menor tempo possível, ao contrário das unidades armazenadas com circulação total de ar frio.

3.3 Planejamento Experimental

A Tabela 2 apresenta o delineamento experimental obtido através do *software* livre *Essencial Experimental Design* com base nos dados abaixo:

Plackett-Burman Design, Resolution 3; 8 Factors; 0 Centerpoints; Linear Model with 9 terms

$$R \text{ se} = b_0 + b_1 \cdot F_1 + b_2 \cdot F_2 + b_3 \cdot F_3 + b_4 \cdot F_4 + b_5 \cdot F_5 + b_6 \cdot F_6 + b_7 \cdot F_7 + b_8 \cdot F_8$$

Foram selecionadas duas cargas de sachês, sendo 7 L (1) a atualmente utilizada e uma menor, 5 L (-1). As cargas de produtos foram selecionadas com base nas menores e maiores quantidades de produtos que podem ser transportadas nas caixas de EPS, dentre os produtos disponíveis para o estudo, sendo 7800 g o volume total (1) e 390 g o menor volume (-1). Com relação ao arranjo do sachê, o superior (1) com as unidades de sachê posicionadas sobre os produtos é o atualmente utilizado e o inferior (-1), com as unidades embaixo dos produtos e no fundo da caixa de EPS, é o arranjo proposto para estudo. As embalagens secundárias se referem a sacos de polietileno (PE) nos quais os produtos podem ou não ser envoltos.

Tabela 2. Delineamento experimental.

Exp #	Densidade de EPS	Carga de sachê	Tipo de sachê	Carga de produto	Tempo de congelamento de sachê	Arranjo do sachê	Separador	Embalagem secundária
1	1	1	1	-1	1	1	-1	1
2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
4	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1
5	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1
6	1	1	-1	1	1	-1	1	-1
7	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
9	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1
10	-1	1	1	1	-1	1	1	-1
11	-1	-1	1	1	1	-1	1	1
12	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1

Os níveis máximos (1) e mínimos (-1) adotados para os fatores críticos estudados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Níveis adotados para os fatores estudados.

Nível	Densidade de EPS	Carga de sachê	Tipo de sachê	Carga de produto	Tempo de congelamento de sachê	Arranjo do sachê	Separador	Embalagem secundária
1	0,023 g/cm³	7 L	1000 mL	7800 g	5 dias	superior	com	com
-1	0,019 g/cm³	5 L	500 mL	390 g	3 dias	inferior	sem	sem

3.4 Monitoramento de temperatura – Aplicação do Planejamento Experimental

Foram realizados 12 experimentos, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Respostas obtidas após a realização dos experimentos 1 a 12*.

Exp #	Densidade de EPS	Carga de sachê	Tipo de sachê	Carga de produto	Tempo de congelamento de sachê	Arranjo do sachê	Separador	Embalagem secundária	Tempo (h)	Temperatura (°C) após 48 h	Custo (R\$)
1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	16h25	24,9	211,54
2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	18h15	29,5	135,28
3	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	41h40	15,0	206,02
4	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	34h20	25,6	142,04
5	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	15h55	29,7	222,70
6	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	14h10	22,6	237,24
7	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	16h55	25,0	144,48
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	16h15	30,0	212,64
9	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	16h15	26,7	157,44
10	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	17h15	21,0	160,20
11	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	2h	31,7	223,94
12	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	16h20	18,0	165,40

* Tempo (h) é o decorrido até o primeiro sensor inserido no simulante atingir a temperatura de 8 °C

A partir dos resultados obtidos e através do software livre *Essencial Experimental Design* verificou-se que os ensaios apresentaram erros experimentais grandes e que parecem ser sistemáticos, conforme exemplos demonstrados nos gráficos apresentados na Figura 1. Erros sistemáticos são decorrentes de erros instrumentais, de métodos e/ou de analistas que afetam a exatidão, tornando os resultados enviesados.

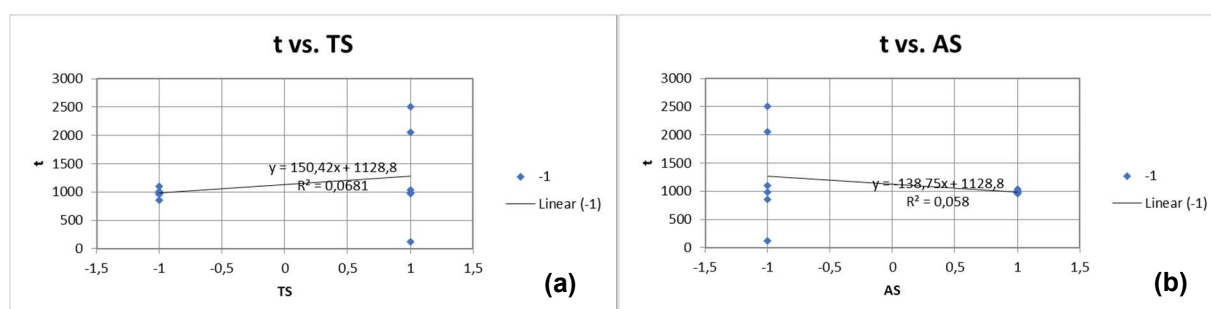


Figura 1. Exemplo de correlação entre as variáveis que incidem nos resultados.

Na Figura 1a, que apresenta a relação linear de erro do Tempo (t) (para que o primeiro sensor chegue a 8°C) com o Tipo de sachê (TS) se observa que para o sachê “-1”, que é o de 500 mL, as respostas são todas próximas de 1000 min. Já com o sachê “1”, de 1000 mL, as respostas variam de 120 a 2500 min. A concentração de respostas em um único ponto é sinal de erro sistemático, no entanto, se não se trata de um erro sistemático, é uma informação importante a ser avaliada e que indica que sachês de 500 mL não garantem a repetição de resultados. A fonte do erro, deverá ser estudada futuramente.

O mesmo acontece com a variável Arranjo do sachê (AS) relacionada ao Tempo (Figura 1b). Nos experimentos em que foram utilizados arranjo “-1” (inferior), os resultados variaram de 120 a 2500 min, enquanto que no arranjo superior “1”, os resultados foram sempre próximos a 1000 min.

Quando uma variável não tem influência no processo, o normal são os pontos ficarem espalhados tanto no nível inferior (-1) quanto no superior (1). Quando os pontos ficam concentrados em um único nível, pode configurar problema experimental ou influência da variável.

Devido aos erros experimentais, provavelmente sistemáticos, as análises foram realizadas com 70% de nível de confiança. Para a primeira resposta, Tempo (t), a única variável com efeito significativo foi a Carga de produto (CP= - 619 ± 336 min). Quando se passou de 5 L para 7 L de carga de sachês (CS), houve uma diminuição média de 618 min no tempo.

Já para a resposta Temperatura após 48h (T48h), verificou-se três fatores significativos: Carga de Sachê (CS), Arranjo de sachê (AS) e Separador (SP). Os valores dos efeitos destes fatores foram: CS = -7,78 ± 1,94 °C; AS = 2,48 ± 1,94 °C e SP = 2,02 ± 1,94 °C, o que significa que quando se aumentou a Carga de Sachê de 5 L para 7 L, houve uma diminuição média de 7,78°C na temperatura após 48h. Quando se passou do arranjo inferior para o superior, houve um aumento médio de 2,48 °C nessa temperatura. E quando se usou o separador, houve um aumento médio de 2,02 °C na temperatura.

Em relação ao custo, foram significativas em ordem de importância, as variáveis Tempo de congelamento de sachê (TCS), Carga de produto (CP), Densidade de EPS (EPS), Carga de sachê (CS), Separador (SP) e Tipo de sachê (TS). Os valores dos efeitos foram: TCS: R\$ 68,21; CP: R\$ 19,15; EPS: R\$ 5,61; CS: R\$ 5,14; SP: R\$ 3,69 e TS: R\$ -2,76.

A Tabela 5 esclarece detalhadamente a influência dos fatores estudados na resposta do custo.

Tabela 5. Influência da alteração dos fatores no custo.

Fator	Alteração	Influência no custo
Tempo de congelamento de sachê	3 para 5 dias	Aumento médio de R\$ 68,21
Carga de produto	390 para 7800 g	Aumento médio de R\$ 19,15
Densidade do sachê	0,019 para 0,023 g/cm ³	Aumento médio de R\$ 5,61
Carga de sachê	5 para 7 L	Aumento médio de R\$ 5,14
Separador	Sem para Com	Aumento médio de R\$ 3,69
Sachê	500 mL para 1000 mL	Diminuição média de R\$ 2,76

O modelo matemático obtido para estimativa de custo da melhor configuração foi:

$$\text{Custo R\$} = 184,9 + 34,1 \cdot \text{TCS} + 9,6 \cdot \text{CP} + 2,8 \cdot \text{EPS} + 2,6 \cdot \text{CS} + 1,8 \cdot \text{SP} - 1,4 \cdot \text{TS}$$

Temos que para se ter o maior Tempo para atingir 8 °C se pede CP = -1, e para se ter a menor Temperatura após 48h se pede CS = +1, AS = -1 e SP = -1. Para reduzir o custo, colocamos então TCS = -1, EPS = -1 e TS = +1. Assim, teremos:

$$\text{Custo R\$} = 184,9 - 34,1 - 9,6 - 2,8 + 2,6 - 1,8 - 1,4 = 137,8$$

Portanto se o foco é redução de custo, sugere-se trabalhar com:

Carga de produto = 390 g (CP = -1)

Carga de sachê = 7 L (CS = +1)

Arranjo de sachê = inferior (AS = -1)

Sem separador (SP = -1)

Tempo de congelamento do sachê = 3 dias (TCS = -1)

Densidade de EPS = 0,019 g/cm³ (EPS = -1)

Tipo de sachê = 1 L (TS = +1)

A embalagem secundária não teve efeito significativo para nenhuma das respostas.

Com a configuração otimizada, será possível chegar a um Tempo de 1438 min (~24 h) para a temperatura da carga atingir 8 °C, uma Temperatura máxima após 48h de 18,83 °C por um Custo de R\$ 137,80.

Apesar da otimização é provável que configuração elencada não seja logística e comercialmente viável para todas as operações de expedição visto que indica a utilização da menor carga de produto o que poderia gerar custos adicionais pois, dentre outros aspectos, aumentaria o



número de caixas a serem despachadas, em caso de necessidade de envio de uma maior quantidade de produto, consumiria maior espaço nos galpões de armazenamento, além de necessitar de mais mão de obra de operação, transporte etc.

4 CONCLUSÃO

Para a resposta Tempo (h) até atingir 8 °C, a variável com efeito significativo foi a Carga de produto.

Para a resposta Temperatura (C) após 48h, apresentaram influência a Carga de sachê, o Arranjo de sachê e o Separador.

Em relação ao Custo (R\$), em ordem de importância as seguintes variáveis se destacaram: Tempo de congelamento do sachê, Carga do produto, Densidade de EPS, Carga de sachê, Separador e Tipo de sachê.

A configuração resultante do modelo matemático de estimativa de custo para a embalagem de transporte de produtos termolábeis aqui estudado e que garante os melhores resultados para as três respostas estudadas não parece viável para todas as expedições, pois pode gerar custos adicionais decorrentes do processo de montagem, estocagem e transporte, uma vez que pequena quantidade de produto será transportada com o uso de maior carga de sachê.

Este trabalho foi uma tentativa preliminar do tema que é pouco estudado do ponto de vista de planejamento e servirá para nortear futuros e/ou complementares estudos.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida, ao Prof. Dr. Rodrigo Moraes pelo auxílio no planejamento experimental e à AGV Logística pela doação dos materiais para a realização do trabalho.

6 REFERÊNCIAS

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D1622/D1622M-14**: standard test method for apparent density of rigid cellular plastics. West Conshohocken: ASTM, 2014. 4 p.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D3103-14**: standard test method for thermal insulation performance of distribution packages. West Conshohocken: ASTM, 2014. 6 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Guia para a qualificação de transporte dos produtos biológicos**. Brasília: Anvisa, 2017. Guia nº 02, versão 02, de 11 de abril de 2017. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3364738/%281%29GUIA+PARA+A+QUALIFICA%C3%87%C3%83O+DE+TRANSPORTE+DOS+PRODUTOS+BIOL%C3%93GICOS+final.pdf/f4ac9ff6-6877-4880-99d8-19dd404bdaab> Acesso em: 29 maio 2019.

MANUAL logístico de produtos veterinários. Vinhedo: **AGV Logística**; Sindan, 2016. 96 p



OLIVEIRA, L. M.; QUEIROZ, G. C. (org.) **Embalagens plásticas rígidas: principais polímeros e avaliação da qualidade**. Campinas: CETEA/ITAL, 2008. 372 p.

PLASTIVIDA. PS, XPS e EPS para contato com alimentos. São Paulo: **Plastivida**; Campinas: Ital/Cetea, 2017. Relatório técnico.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos & Otimização de Processos**. 2ª.ed. Campinas: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2009. 358 p.

SÃO PAULO (Estado). **Secretaria da Agricultura e Abastecimento**. Coordenadoria de Defesa Agropecuária. Programa estadual de erradicação da febre aftosa (PEEFA). Campinas: CDA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/www/programas/?/sanidade-animal/programa-estadual-de-erradicacao-da-febre-aftosa/&cod=4#baixo> Acesso em: 30 maio 2019.

VANAJA, K.; SHOBHA RANI, R. H. **Design of experiments: Concept and applications of Plackett Bruman design**. India: **Clinical Research and Regulatory Affairs**, 2008, p. 23 p.

6.2 Revisão ortográfica

A responsabilidade pela revisão ortográfica do resumo expandido é dos autores.