



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE EMPREGO DO POLIPROPILENO EXPANDIDO COMO MATERIAL HOSPITALAR¹

Francisco Emmanuel Oliveira e Souza²
Kátia M. Novack³

Resumo

Polipropileno expandido (EPP) é um material que apresenta propriedades favoráveis para diversas aplicações, devido a recentes avanços nos seus processos de produção. O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial deste material para emprego em instituições de saúde, visando sua utilização em produtos como solução para problemas ergonômicos encontrados em tais ambientes, a partir da observação da modificação da densidade das amostras de EPP após testes de compressão definida e envelhecimento. Amostras foram produzidas a partir de peças injetadas de Neopolen P (EPP) sendo quatro categorias do material, com densidades distintas. As condições do teste de envelhecimento foram adaptadas para as condições de esterilização comumente efetuadas em ambientes hospitalares. Resultados mostram que o material é ergonomicamente favorável, embora os efeitos da esterilização na densidade e na superfície macroscópica das amostras devam ser considerados em projetos de produto.

Palavras-chave: Ergonomia; Polipropileno expandido; Espuma; Material hospitalar.

EVALUATION OF EXPANDED POLYPROPYLENE'S POTENCIAL FOR EMPLOYMENT AS HOSPITALARY MATERIAL

Abstract

Expanded polypropylene (EPP) is a material with favorable properties for many applications, due to recent developments on its production processes. The purpose of this work is to evaluate this material's potential for usage in health institutions, aiming its use in products as a solution for the ergonomic issues found on those environments. Density modifications on the EPP samples were observed after compression set and aging tests. Samples were made from injection moulded Neopolen P parts (EPP), being four material categories, with distinct densities. The conditions for the aging test were adapted to sterilization conditions usually performed in health environments. Compressive tests produce data about EPP's dimensional recovery and ergonomic comfort. Results show that the material is ergonomically favorable, although the sterilization effects on density and macroscopic surface must be considered in designing products.

Key words: Ergonomics; Expanded polypropylene; Foam; Medical equipment.

¹ Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.

² Designer de Produtos – Mestrando em Engenharia de Materiais - REDEMAT

³ DEQUI – UFOP / REDEMAT



1 INTRODUÇÃO

Ambientes hospitalares apresentam muitas condições de constrangimento ergonômico, tanto para os pacientes quanto para os profissionais da área de saúde.⁽¹⁾ Além disso, é grande o número de equipamentos inadequados, mal projetados e/ou improvisados que além de problemas ergonômicos apresentam risco biológico por constituírem ambientes propícios à proliferação de bactérias e outros microorganismos patogênicos.

O polipropileno (PP) é um polímero termoplástico muito utilizado nas instituições de saúde devido às suas qualidades hospitalares: é esterilizável, quimicamente inerte, atóxico. É utilizado como matéria-prima de recipientes, seringas, próteses, entre outros.

O polipropileno expandido (EPP) é uma espuma obtida a partir do processamento do PP. O emprego deste material no exterior (EUA e Europa) está em crescimento e já é bastante diversificado. No Brasil, tem utilização significativa na indústria automobilística, principalmente em pára-choques devido à alta resistência ao impacto.

O EPP possui características de amortecimento que o tornam útil para aplicação em equipamentos que possam trazer uma melhor interação com o usuário (paciente ou profissional). Para tanto, é preciso assegurar que além de propriedades mecânicas favoráveis, o material seja capaz de suportar processos de esterilização e tenha características de biocompatibilidade, para que sua inserção em ambiente hospitalar não se torne uma ameaça.

1.1 Objetivos

Avaliar o potencial do polipropileno expandido (EPP) para emprego em instituições de saúde, visando sua utilização em produtos como solução para problemas ergonômicos encontrados em tais ambientes.

Verificar se o EPP obedece a padrões ergonômicos de conforto e resistência/estrutura, por meio de testes de compressão definida em corpos de prova do material de diferentes densidades. Comparar desempenho do EPP após os seguintes procedimentos de esterilização: em autoclave, estufa (processos físicos) e com ácido periacético (processo químico).

1.2 Ergonomia Hospitalar

A ergonomia hospitalar trata de melhorar as condições de trabalho, o conforto e a segurança dos trabalhadores da área de saúde e dos pacientes. O profissional da área de saúde está sujeito a muitos problemas. Grande parte dos problemas ergonômicos é de natureza física, o que pode ser abrandado com o uso de equipamentos apropriados. Cirurgiões, por exemplo, ficam muito tempo em pé e praticamente estáticos abaixo da linha peitoral no exercício de sua profissão, em posições desconfortáveis e inadequadas para a saúde, o que acarreta constrangimentos ergonômicos, estando sujeitos a lesões no sistema músculo-esquelético.⁽¹⁾ As lesões do sistema músculo-esquelético, particularmente as algias vertebrais, são internacionalmente reconhecidas como um risco ocupacional entre os trabalhadores de enfermagem.⁽²⁾



Pacientes também estão expostos a riscos ergonômicos. Uma camada de material amortecedor na base de macas poderia diminuir o risco de traumas nos pacientes. Também pode ser aplicado na parte externa de colares cervicais. Pacientes em coma precisam de apoios e alternância de posições, principalmente em procedimentos como o banho, o que atualmente é improvisado com o uso de toalhas dobradas.

1.3 Esterilização

Esterilização é o processo de destruição de todos os organismos, patogênicos (aqueles que causam doenças infecciosas) e não patogênicos, incluindo os esporos (formas inativas de bactérias). Pode ser feita por processos físicos e químicos. Os físicos incluem as radiações (raios ultravioleta; cobalto 60) e calor: úmido, realizado em autoclaves (material deve ficar exposto por 30 minutos a 127°C); seco, realizado em estufas (material deve ficar exposto por 60 minutos a 160°C). A destruição de microorganismos por agentes químicos consiste em expor material a produtos como formol, cidex, germekil, ácido peracético (líquidos) e formalina (gasoso).⁽³⁾

1.4 Polipropileno Expandido

O polipropileno expandido (EPP) foi sintetizado pela primeira vez em 1972. Desde então o material vem sendo aperfeiçoado, principalmente com a chegada do século XXI; fabricantes tem tido sucesso no controle de densidade, porosidade e acabamento final; além de progressivo aumento da rigidez com diminuição do peso.⁽⁴⁾ Produtos com EPP incluem: embalagens, pára-choques, pranchas de surf e similares, colchões, jaquetas salva-vidas, palmilhas, aspiradores de pó, móveis e aeromodelos.

Há uma tendência em utilizar o EPP também em capacetes, como forma de melhorar a proteção contra impacto. Estudos demonstram que este material é mais eficaz que o EPS, material mais utilizado atualmente.⁽⁵⁻⁷⁾ O EPP é resiliente o bastante para permitir a inclusão de orifícios na estrutura (melhorando a ventilação) sem prejudicar a performance (segurança).

Embora o EPP exista há algumas décadas, todos os produtos encontrados foram lançados comercialmente ao longo dos anos 2000.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material escolhido para o projeto é o Neopolen P, polipropileno expandido produzido pela Basf na unidade de Guaratinguetá, recentemente fechada. Foram obtidas da empresa peças já processadas (injetadas), formatadas em blocos de 400 mm x 300 mm x 150 mm. Grânulos de diferentes categorias e as condições de processamento geraram peças de diferentes densidades.

As normas ASTM D 3574⁽⁸⁾ e ASTM D 3575⁽⁹⁾ abordam metodologias de testes que se aplicam a materiais de células fechadas flexíveis feitos de polímeros de poliolefinas ou de misturas de polímeros de poliolefinas (categoria na qual se enquadra o EPP). Nelas estão baseados os testes conduzidos, descritos brevemente a seguir.

2.1 Compressão Definida

Este método para teste engloba a deflexão da amostra de espuma sob uma força de compressão, então observando o efeito na espessura da amostra após cessar o esforço.

Equipamento: dispositivo de compressão, consistindo de duas ou mais placas planas arranjadas de modo a estarem paralelas entre si, com a distância entre elas ajustável à deformação necessária de se aplicar à amostra. Neste projeto foi utilizada a prensa hidráulica Marconi MA098. De acordo com a norma ASTM D 3575⁽⁹⁾ os corpos de prova devem ter topos e bases de superfícies paralelas e lados essencialmente perpendiculares, além de espessuras de 50 mm x 50 mm x 25 mm.

Procedimento: Foram testados três corpos de prova para cada amostra. Os valores relatados são a média dos observados. A espessura inicial do corpo de prova é medida. O corpo de prova é posicionado no equipamento e deformado por compressão até 50% de sua espessura. O corpo de prova deformado é mantido no equipamento por 22 horas. Ao fim deste período, ele é removido. A espessura final é medida após um período de 24 horas de recuperação. Os testes foram realizados sob condições ambientes de temperatura. A constante de deflexão por compressão definida calculada é expressa como porcentagem da espessura inicial conforme se segue:

$$C_d = \frac{(t_o - t_f)}{t_o} \times 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

C_d = compressão definida expressa como porcentagem da espessura original;

t_o = espessura original (mm);

t_f = espessura após período de recuperação (mm).

2.2 Envelhecimento / Esterilização

Para averiguar a resistência do EPP aos processos de esterilização, visando aplicação hospitalar, foram feitas adaptações do teste de envelhecimento descrito na norma ASTM D 3574.⁽⁸⁾

2.2.1 Envelhecimento/esterilização por calor úmido (autoclave)

Este teste consistiu em tratar o corpo de prova numa autoclave de vapor a baixa pressão e observar os efeitos nas propriedades da espuma.

Equipamento: Autoclave a vapor, ou reservatório semelhante, que pode ser controlado por termostato com tolerância de $\pm 2^\circ\text{C}$ e capaz de suportar pressões de até 140 kPa. Neste projeto foi utilizada a autoclave Vitale 12/21.

Procedimento: A autoclave é preenchida com água fresca destilada. O termostato é ajustado de acordo com as condições desejadas para o teste (127°C , conforme processo de esterilização). A autoclave é aquecida até que a água ferva. O corpo de prova é posicionado de modo que este toque somente a base do recipiente a ser inserido na autoclave. A autoclave é fechada. Após o período de exposição (30 minutos, conforme processo de esterilização), o aquecimento é desligado, a pressão do vapor é liberada, e o corpo de prova removido.

2.2.2 Envelhecimento/esterilização por calor seco (estufa)

Este teste consistiu em expor corpos de prova a um forno e observar os efeitos nas propriedades da espuma. Neste projeto foi utilizada a estufa de secagem Hydrosan HY-4.

Equipamento: Forno tipo estufa (circula calor), capaz de manter $160\pm 2^{\circ}\text{C}$ para exposição dos espécimes.

Procedimento: Expor os corpos de prova por uma hora a $160\pm 2^{\circ}\text{C}$. Remover os corpos de prova do forno e condicionar por não menos que 2 horas a $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $50\pm 5\%$ de umidade relativa do ar.

2.2.3 Esterilização/envelhecimento por ácido peracético

Teste não descrito nas normas e realizado com base nas instruções do fabricante. Consistiu em expor os corpos de prova a uma solução de ácido de ácido peracético e observar os efeitos nas propriedades da espuma. Neste projeto foi utilizado o ácido peracético Sterilife SML11091.

Equipamento: Recipiente e solução de ácido peracético.

Procedimento: Utilizar o produto em temperatura ambiente, entre 15°C e 25°C . Os artigos a serem submetidos ao processo de esterilização devem ser previamente limpos e secos. Imergir totalmente os artigos. Tempo de contato: 20 minutos. Algumas ligas metálicas são incompatíveis com o método, pois podem sofrer corrosão. Cada corpo de prova é então testado para a propriedade investigada de acordo com o método apropriado.

$$\text{Taxa de envelhecimento, \%} = \frac{(P_o - P_f)}{P_o} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

P_o = média da propriedade inicial do corpo de prova;

P_f = média da propriedade do corpo de prova após teste.

2.3 Densidade

Este método abrange a determinação da densidade da espuma pelo cálculo da massa e volume de um corpo de prova de formas regulares.

Equipamento: neste projeto utilizaram-se a balança Gehaka BG 400PV e o paquímetro Fowler Pro-max.

Procedimento: A massa do corpo de prova é medida numa balança analítica de modo a permitir medição com tolerância de $\pm 1\%$. As dimensões do corpo de prova são determinadas. As medidas são aferidas em três regiões em cada plano do corpo de prova. A densidade é calculada conforme se segue:

$$D = \frac{m}{v} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

D = densidade (kg/m^3);

m = massa (kg);

v = volume (m^3).

Procedimento realizado em todos os corpos de prova. Os valores relatados das amostras são a média dos observados.

Cada corpo de prova testado teve as aferições e dados coletados inseridos numa planilha conforme o modelo ilustrado na Figura 1.

Identificação da amostra		Resultado		Volume		Distância de compressão	
Amostra: 52Q25-4		28,96% (Taxa de Compressão Definida)		50,12%		(Distância na compressão) ↓	
Entrada: 18:51 - 16/12		x 50,30 50,59 50,69		m _e : 3,562 g		12,35 48,97 %	
Retirada: 16:51 - 17/12		y 50,68 50,73 50,66		V _e : 64,59 cm ³		12,93 51,27 %	
Medição: 16:51 - 18/12		z 25,21 25,26 25,19		ρ _e : 55,14 kg/m ³		z 17,87 17,93 17,95	
				m _i : 3,551 g		17,92 ρ _m : 76,34 kg/m ³	
						x 50,91 51,06 50,92 50,96 m _m : 3,553 g	
						y 51,10 50,91 50,91 50,97 V _m : 46,54 cm ³	
						z 17,87 17,93 17,95 17,92 ρ _m : 76,34 kg/m ³	

Figura 1. Ilustração da planilha de coleta de dados.

Na identificação da amostra, os dois primeiros dígitos se referem à categoria de densidade do material, identificada nos blocos de Neopolen P pela Basf. O terceiro dígito identifica qual o tipo de seção da amostra ("Q" para quadrangular e "C" para circular). O quarto e quinto dígitos identificam a espessura da amostra em milímetros. O último dígito, após o hífen, identifica individualmente cada corpo de prova de cada amostra.

Os blocos foram cortados nas medidas dos corpos de prova nas oficinas da Universidade Fumec, de acordo com as normas e testes adotados. As amostras foram preparadas com dois tipos de seção: quadrangular e circular. Normas e testes variam a seção das amostras entre estes dois tipos e o objetivo ao gerar as mesmas com ambas as seções, mantendo a mesma área nas superfícies que recebem o esforço, é verificar se há diferenças significativas nos resultados entre seções.

Os dimensionamentos foram aferidos nos corpos de prova nas seguintes etapas: anterior ao processo de esterilização (quando aplicado); processados / padrão; após o teste. A distância de compressão se refere à distância entre as placas da prensa: medidas foram colhidas ao início e ao final do teste, o equipamento cede por volta de 0.5 mm ao longo das 22 horas de teste.

3 RESULTADOS

Quatro categorias de densidade foram examinadas ao longo dos testes, a Tabela 1 apresenta a média das densidades aferidas (Equação 3) em todos os corpos de prova testados. Para efeitos de nomenclatura, as densidades indicadas pela fabricante Basf foram mantidas.

Tabela 1. Densidades

Categoria da Amostra	ρ 22	ρ 28	ρ 38	ρ 52
Densidade aferida (kg/m ³)	24,2 ±1,2	27,7 ±1,5	39,2 ±2,5	53,8 ±1,7

A Tabela 2 demonstra os resultados dos testes de compressão definida (Equação 1) e densidade (Equação 3) dos corpos de prova com seções quadrangulares e circulares. Neste caso não houve qualquer processamento do EPP após o corte dos blocos nas dimensões apropriadas, condição que noutras tabelas está definida como "Padrão".

Tabela 2. Compressão definida com seções quadrangulares e circulares

Categoria da Amostra		ρ 22		ρ 28		ρ 38		ρ 52	
		Seção		Seção		Seção		Seção	
		Quadrangular	Circular	Quadrangular	Circular	Quadrangular	Circular	Quadrangular	Circular
Valores dos corpos de prova	C_d (%):	32,3	33,0	31,5	31,5	30,2	30,6	27,8	29,8
	ρ (kg/m ³):	23,4	23,9	28,3	26,9	38,6	38,2	53,9	52,6
	C_d (%):	31,1	32,8	30,3	30,3	28,3	28,9	28,9	28,5
	ρ (kg/m ³):	25,3	23,6	28,5	29,2	39,7	41,6	55,5	52,2
	C_d (%):	32,1	33,1	29,1	31,3	28,7	29,4	30,3	29,5
	ρ (kg/m ³):	25,1	24,0	27,3	27,9	38,6	40,1	54,7	52,3
Médias da seção	C_d (%):	31,8	33,0	30,3	31,0	29,1	29,6	29,0	29,2
	ρ (kg/m ³):	24,6	23,8	28,0	28,0	39,0	40,0	54,7	52,4
Variação da C_d entre seções:		3,4%		2,4%		1,9%		0,9%	
Variação da ρ entre seções:		-3,4%		0,0%		2,5%		-4,4%	
Médias entre seções	C_d (%):	32,4		30,7		29,4		29,1	
	ρ (kg/m ³):	24,2		28,0		39,5		53,5	

 C_d (%): taxa de compressão definida

 ρ (kg/m³): densidade

Os resultados apontam um aumento nas taxas médias de compressão definida nas amostras de seção circular, que se torna mais discreto à medida que a densidade aumenta. As densidades (Equação 3) também apresentam pequenas variações, de forma aleatória e dentro das variações normais entre corpos de prova.

As amostras submetidas à esterilização por calor seco (estufa) não resistiram ao processo, tendo perdido completamente a forma com ocorrência de fusão parcial ou total. Assim sendo, este processo não é aplicável a produtos de EPP.

As amostras submetidas ao processo de esterilização por calor úmido (autoclave) também sofreram modificações em sua estrutura dimensional, embora de forma menos drástica, conforme dados da Tabela 3. Ocorre redução no volume das amostras, exceto na amostra $\rho 52$, onde ocorre pequeno aumento do volume final. A diferença mais relevante ocorre em $\rho 28$ onde o volume final é reduzido a 78,3% do volume inicial. Como não ocorre alteração na massa, a densidade é afetada proporcionalmente.

Tabela 3. Efeitos da esterilização por autoclave

Categoria da Amostra		ρ 22	ρ 28	ρ 38	ρ 52
Volume (cm ³)	Inicial	63,0	63,2	62,5	66,8
	Após esterilização	54,1	49,4	60,2	67,6
Densidade (kg/m ³)	Inicial	24,2	27,9	38,4	54,8
	Após esterilização	28,2	35,7	39,9	54,1
Taxa	Volume (cm ³)	85,8%	78,3%	96,4%	101,3%
	Densidade (kg/m ³)	116,6%	127,8%	103,8%	98,7%

As amostras submetidas ao processo de esterilização por ácido peracético não apresentaram alterações em suas dimensões. Entretanto, devido à estrutura porosa do polímero, parte do líquido peracético é aprisionado e possivelmente absorvido. Isto é verificado observando a massa das amostras. Durante o teste de compressão definida a maior parte do líquido é expelido do corpo de prova e evapora (não há

umidade aparente ao toque). Apenas $\rho 52$ apresenta as mesmas massas iniciais e finais, enquanto $\rho 28$ apresenta maior ganho de peso, implicando maior retenção de líquido peracético (Tabela 4).

Tabela 4. Alterações de massa após esterilização por ácido peracético

Categoria da Amostra	$\rho 22$	$\rho 28$	$\rho 38$	$\rho 52$
Massa inicial (g)	1,500	1,754	2,438	3,534
Massa final (g)	1,508	1,769	2,446	3,534
Ganho de massa (g)	0,008	0,014	0,009	0,000

Após processos de esterilização as amostras foram testadas e os resultados apresentados na Tabela 5 e Figura 2. Corpos de prova “Padrão” e “Autoclave” foram re-testados. Amostras se tornam proporcionalmente mais recuperativas a cada exercício de compressão. A taxa de envelhecimento apresenta sempre resultado positivo (Equação 2), ou seja, este tipo de processamento tende a melhorar a recuperação elástica do material.

Tabela 5. Compressão definida com seções quadrangulares e circulares

Categoria da amostra	Padrão	Autoclave		Ácido Peracético		Re-teste		
						Padrão		Autoclave
						C_d (%)	P (%)	C_d (%)
$\rho 22$	32,4	31,0	4,3	30,1	7,1	29,9	26,5	11,4
$\rho 28$	30,7	26,5	13,7	29,8	2,9	27,2	24,6	9,4
$\rho 38$	29,4	24,8	15,6	26,9	8,5	22,9	22,5	1,7
$\rho 52$	29,1	27,4	5,8	27,4	5,8	21,5	20,7	3,7

C_d (%): taxa de compressão definida

P (%): taxa de envelhecimento

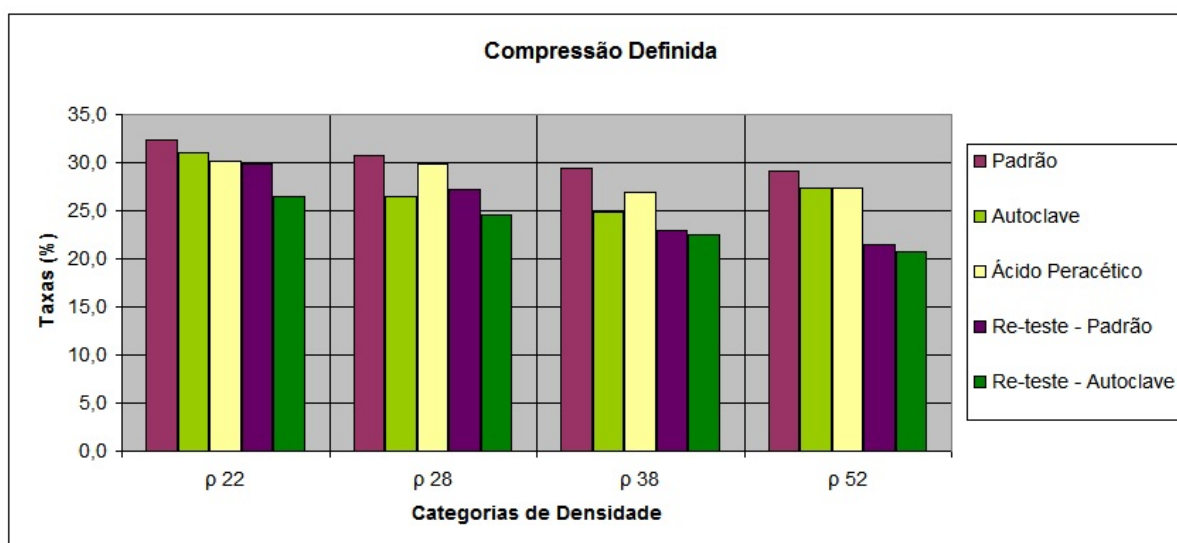


Figura 2. Taxas de compressão definida.

4 DISCUSSÃO

Segundo estudos de fisiologia, a densidade máxima de um assento para ser ergonomicamente confortável deve ser de 50 kg/m³ com uma compressão na faixa de até 3 cm.⁽¹⁰⁾ A faixa de densidade entre 20 kg/m³ e 30 kg/m³ do Neopolen P seguramente fornece conforto tátil. Os resultados obtidos nos testes de compressão definida “Padrão” são condizentes com os publicados pela fabricante (Tabela 6). Estas taxas representam a tensão residual de compressão após cessar o esforço. São importantes para o dimensionamento de projetos de produtos com o material. Ainda na Tabela 6 encontramos valores da Basf para testes de resistência à compressão; representando a força necessária para deformar o material. Também são valores importantes para determinar a espessura do material em projetos, tomando como referência a carga do usuário de acordo com seus pontos de apoio.

Tabela 6. Propriedades de compressão do Neopolen P⁽¹¹⁾

Physical properties of Neopolen® P (guideline values)							
Property	Unit	Material Density [kg/m ³] as ISO 845 (Core density)					
		20	40	60	80	100	
Compressive stress	at 10% Strain	[kPa]	70	180	310	480	680
	at 25% Strain		80	220	370	550	750
	at 50% Strain		150	330	550	810	1100
Compression set (50 %, 22 h, 23 °C) 24h after stress release		[%]	30	28	26	25	25

No caso de projetos que necessitem maior capacidade estrutural, peças menos densas podem ser acopladas por encaixe a peças mais densas, portanto mais resistentes, de forma a produzir um objeto monomaterial. As principais vantagens em se produzir uma peça monomaterial em EPP são: melhores condições para reciclagem, redução do número de partes e redução do peso.^(12,13)

A recuperação dimensional é ilustrada na Figura 3, um gráfico contrapondo os valores de espessura finais (após 22 horas de recuperação) com a espessura inicial dos corpos de prova (25 mm).

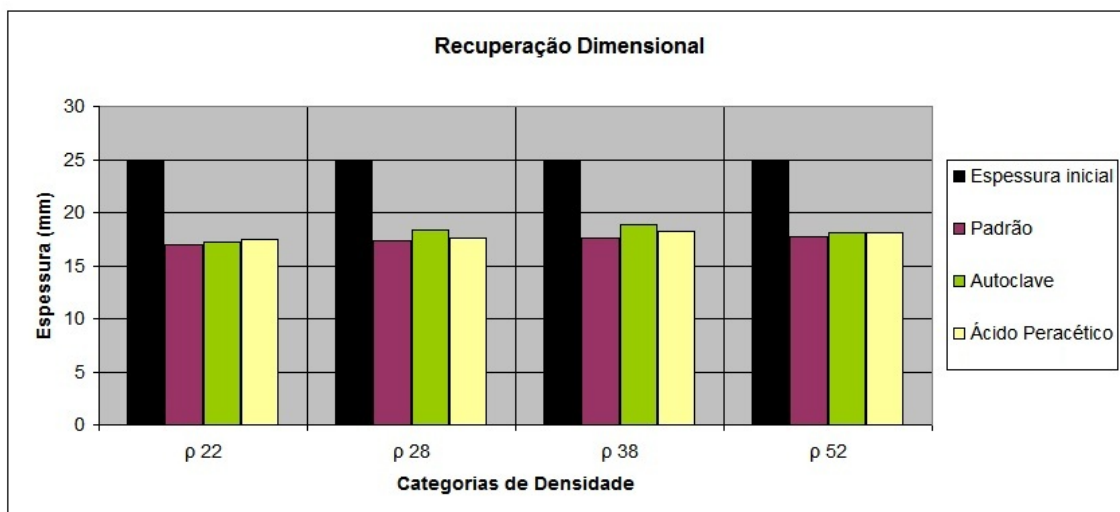


Figura 3. Recuperação dimensional das amostras.

A taxa de compressão definida (C_d) do polipropileno expandido é proporcional à densidade. Quanto mais denso o material, menor a taxa C_d e melhor a sua recuperação dimensional. Ciclos de esterilização em autoclave (calor úmido)

reduzem (C_d) do polipropileno expandido, o que implica numa melhor recuperação do material. Entretanto, como a densidade aumenta, seguidas esterilizações diminuiriam consideravelmente o desempenho ergonômico do EPP.

A esterilização através de ácido peracético se mostra mais conveniente pois não acarreta significativas alterações dimensionais, mecânicas, ou na densidade. Entretanto, há de se observar que parte do líquido permanece aprisionado na estrutura porosa do material. Portanto, um produto sem acabamento apropriado não deve ser utilizado em interações com humanos logo após a esterilização, pois resquícios do líquido são danosos (deve-se evitar contato com olhos e pele). Esta porosidade se deve ao alto grau de células abertas presente em espumas de polipropileno, resultantes do processamento do material.⁽¹⁴⁾ Não foram encontradas na literatura informações sobre o comportamento do polipropileno expandido em processo de esterilização.

A Figura 4 ilustra a macroestrutura de cada densidade do Neopolen P. Na parte superior vemos a superfície do material, formada contra a parede do molde de injeção. Moldado sob calor e pressão, o material estabelece sua forma pela fusão superficial dos grânulos de EPP. Nota-se que quanto menores os grânulos, maior a densidade final da peça.

A parte inferior da Figura 4 mostra a macroestrutura interna das peças de Neopolen P. Nota-se maior porosidade e presença de espaços vazios em $\rho 28$, o que explica a maior retenção de líquido e alta redução do volume nos processos de esterilização por ácido peracético e autoclave realizados na amostra. A presença de espaços vazios sob alta temperatura (127°C) favorece a aproximação das cadeias poliméricas.

Amostras de menor densidade apresentam características que podem proporcionar conforto ergonômico. Embora exista pouca diferença tátil entre $\rho 22$ e $\rho 28$, a primeira se mostra mais apropriada.

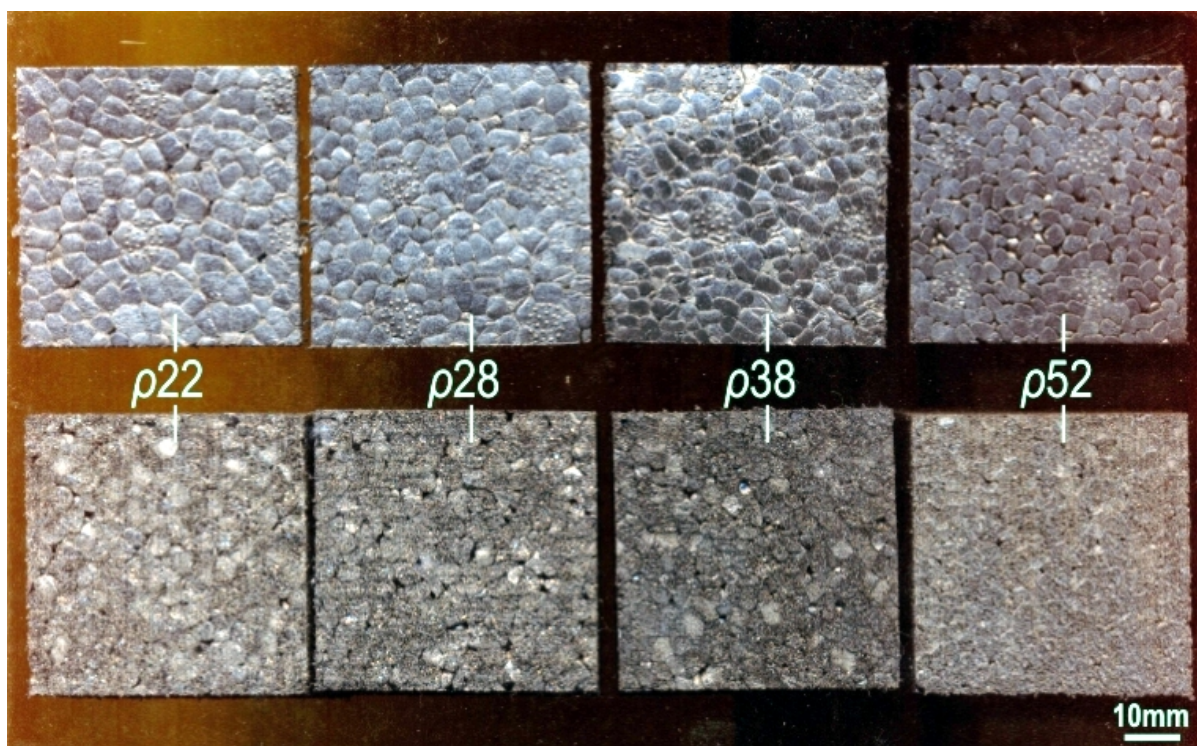


Figura 4. Macroestrutura do Neopolen P. Macrografia obtida com scanner HP Scanjet 2400.

Assim como os outros materiais hospitalares, polímeros devem ter boas características de biocompatibilidade, que é tradicionalmente associada com materiais e dispositivos que não estimulam uma resposta biológica negativa.⁽¹⁵⁾ Não foram encontrados documentos relatando características do polipropileno expandido quanto a esta questão. O polipropileno é tido como material inerte e apropriado e, embora similar, não se pode deduzir seguramente que o EPP tenha as mesmas características, conforme observado na norma ASTM F 2042⁽¹⁶⁾ que afirma: “a biocompatibilidade de elastômeros e espumas como uma classe de materiais não pode ser estabelecida categoricamente; dependendo da formulação, condições de processamento e uso final de cada objeto”. Portanto é recomendado teste para determinação biológica da citotoxicidade in vitro do material,⁽¹⁵⁾ onde se avaliam os efeitos produzidos pelo contato do mesmo com células de tecido conjuntivo de camundongos (fibroblastos de linhagem celular L-929).⁽¹⁷⁾

5 CONCLUSÃO

O polipropileno expandido apresenta propriedades favoráveis para o desenvolvimento futuro de projetos de produto para instituições de saúde, desde que considerada a influência dos processos de esterilização no material. Seguidos ciclos de autoclave comprometem o desempenho ergonômico do EPP. Processo com líquido peracético só deve ser aplicado a produtos com bom acabamento superficial. É recomendado realizar teste de citotoxicidade, análise que visa definir características que garantam segurança biológica para utilização do material em ambientes hospitalares.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Fumec, que cedeu seu espaço para realização de trabalhos; à Basf que gentilmente cedeu o material investigado neste trabalho; e à REDEMAT.

REFERÊNCIAS

- 1 DINIZ, Raimundo Lopes. Tese de Doutorado. Avaliação das demandas física e mental no trabalho do cirurgião em procedimentos eletivos. 2003.
- 2 ALEXANDRE, Neusa Maria Costa. Aspectos ergonômicos relacionados com o ambiente e equipamentos hospitalares. Rev.latino am.enfermagem, Ribeirão Preto, v. 6, n. 4, p. 103-109, outubro 1998.
- 3 KOCH, Rosi M.; MOTTA, Helena S.; WALTER, Reni L. Técnicas Básicas de Enfermagem. 14^a Edição. Ed. Florence. 1996.
- 4 LEE, S.T.; PARK, C.B.; RAMESH, N.S. Polymeric Foams: Science and Technology. Taylor & Francis Group. 2007.
- 5 GILCHRIST, A.; MILLS, N.J. Protection of the side of the head. Elsevier Science Ltd. UK. 1996.
- 6 Shuaeib, F.M.; HAMOUDA, A.M.S.; WONG, S.V.; UMAR R.S.R.; AHMED, M.M.H.M. A new motorcycle helmet liner material: The finite element simulation and design of experiment optimization. Materials and Design 28. Malaysia. 2007.
- 7 TAN, F.L.; FOK S.C. Cooling of helmet with phase change material. Applied Thermal Engineering 26. United Arab Emirates. 2006.
- 8 ASTM D 3574 - Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials - Slab, Bonded, and Molded Urethane Foams. ASTM D 3574 - 2003.



- 9 ASTM D 3575 - Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials Made From Olefin Polymers. ASTM D 3575 - 2000.
- 10 LEÃO, Rosemary Dutra; PERES, Cláudio Cezar. Noções sobre dor, lombalgia, fadiga, antropometria, biomecânica e concepção do posto de trabalho. Manual de aplicação da Norma Regulamentadora 17. 2. ed. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego. 2002.
- 11 BASF. Catálogo de informações técnicas Neopolen P, 2008.
- 12 SKAWINSKI, O.; BINETRUY, C.; KRAWCZAK, P.; GRANDO, J.; BONNEAU, E. All-thermoplastic Composite Sandwich Panels – Part I: Manufacturing and Improvement of Surface Quality. Journal of Sandwich Structures and Materials, France, Vol. 6, September, 2004.
- 13 MCAULEY, J. Global Sustainability and Key Needs In Future Automotive Design. Environ. Sci. Technol. USA. 2003.
- 14 MAIER, C; CALAFUT, T.; Polypropylene: The Definitive User's Guide and Databook. Plastics Design Library. 1998.
- 15 ASTM F 748 - Standard Practice for selecting Generic Biological Test Methods for Materials and Devices. ASTM F 748 - 2004.
- 16 ASTM F 2042 - Standard Guide for Silicone Elastomers, Gels, and Foams Used in Medical Applications Part II - Crosslinking and Fabrication. ASTM F 2042 - 2000.
- 17 ASTM F 895 - Standard Test Method for Agar Diffusion Cell Culture Screening Cytotoxicity. ASTM F 895 - 2001.