FABÍULA BARBOSA MACHADO DOS SANTOS

Desenvolvimento e avaliação de placa polimérica derivada de óleo de mamona para termoterapia

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia – Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientadora: Prof. Dra. Valéria Meirelles Carril Elui

São Carlos
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S237d

Santos, Fabíula Barbosa Machado dos
Desenvolvimento e avaliação de placa polimérica
derivada de óleo de mamona para termoterapia / Fabíula
Barbosa Machado dos Santos ; orientador Valéria Meirelles
Carril Elui. -- São Carlos, 2010.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área
de Concentração em Bioengenharia) -- Escola de Engenharia
de São Carlos/Faculdade de Medicina de Ribeirão
Preto/Instituto de Química de São Carlos da Universidade
de São Paulo, 2010.

1. Termodinâmica. 2. Termoterapia. 3. Polímero.
4. Óleo de mamona. I. Título.

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

FABÍULA BARBOSA MACHADO DOS SANTOS
MESTRADO EM CIÊNCIAS
ÁREA DE BIOENGENHARIA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS
- GRADUAÇÃO INTERUNIDADES BIOENGENHARIA
EESC - FMRP - IQSC DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
CIÊNCIAS NA ÁREA DE BIOENGENHARIA.

Aprovado em: 17/05/2010

PROFA. DRA. VALÉRIA MEIRELLES
CARRIL ELUI (ORIENTADORA)

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP

Resultado: aprovado

Assinatura: Valéria M. Elui

PROFA. DRA. ANAMARIA SIRIANI DE
OLIVEIRA

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP

Resultado: aprovada

Assinatura: Anamaria Siriani de Oliveira

PROF. DR. ANTONIO CARLOS
HERNANDES

Instituto de Física de São Carlos - USP

Resultado: aprovada

Assinatura: Antonio Carlos Hernandez

Ao Daniel, a quem amo tanto, pelo incentivo maior, ajuda, paciência, compreensão, carinho nas horas mais difíceis e por ter me ensinado muito durante a realização das disciplinas e pesquisa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar paciência e força nas horas mais difíceis deste trabalho.

À minha orientadora, Profa. Dra. Valéria Meirelles Carril Elui, pela oportunidade, ensinamentos, paciência, disposição, pela confiança em mim depositada e observações valiosas que enriqueceram esta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Salvador Claro Neto, pelo apoio, oportunidade de trabalhar com seu grupo de pesquisa e por ter me ensinado com calma e disposição o conteúdo de química necessário para execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Gilberto Orivaldo Chierice, por ter aceitado a minha presença no Laboratório e pelos ensinamentos fundamentais.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Hernandes, pela ajuda com os fundamentos físicos, pelas dicas e compreensão das minhas limitações em uma área do conhecimento distinta de minha formação, e pela cessão dos equipamentos e laboratório para a pesquisa.

Ao funcionário do IQSC, Toninho, por estar sempre disponível para ajudar e por toda a atenção e competência.

Ao Prof. Glimaldo, do IQSC, pelas dicas sempre precisas e pelo auxílio na escolha de materiais para a pesquisa.

À Graziella, do IQSC, pelos ensinamentos, compreensão e, principalmente, pelas informações sobre o polímero e material de revestimento.

Aos funcionários do IFSC, principalmente, Luiz, Cássio, Manoel e Geraldo, pelo apoio, dicas e auxílio durante a realização dos ensaios.

Aos companheiros de Laboratório, especialmente Juliana, Jéssica e Rita, por terem sido sempre dispostas a ajudar com muita eficiência.

Aos meus amigos, especialmente Cristina, Deise, Ana Elisa, Jaqueline Crusca, Jaqueline Tavano, Tatienne, Simone e Nelson, que sempre me ouviram e me incentivaram na continuação deste estudo.

À minha família, principalmente Wilson, Ronilda, Fabrício e Arthur, pela compreensão da ausência e também pela coragem e perseverança que me passaram durante toda a vida, possibilitando alcançar mais este objetivo. Esta conquista também é de vocês.

Aos voluntários que participaram da pesquisa, pela aceitação.

Ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da USP, pela oportunidade nesta importante etapa de minha vida acadêmica.

À CAPES, pelo apoio financeiro durante a realização da pesquisa.

Finalmente, a todos que, direta ou indiretamente, auxiliaram para que o projeto se tornasse possível.

“Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo. Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta.”

Chico Xavier

“Você não pode ensinar nada a um homem; você pode apenas ajudá-lo a encontrar a resposta dentro dele mesmo.”

Galileu Galilei

“Se fiz descobertas valiosas, foi mais por ter paciência do que qualquer outro talento”

Isaac Newton

“A ciência se compõe de erros que, por sua vez, são os passos até a verdade”

Julio Verne

RESUMO

SANTOS, F. B. M. **Desenvolvimento e avaliação de placa polimérica derivada de óleo de mamona para termoterapia**. 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia, Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

Este trabalho tem o objetivo de desenvolver, caracterizar e avaliar, do ponto de vista dos voluntários, uma Placa Polimérica Derivada de Óleo de Mamona (PPDOM) para utilização com fins termoterápicos. A PPDOM tem utilidade similar às bolsas de gel ou de água quente, disponíveis comercialmente, apresentando bom acoplamento e moldando-se ao corpo sem variações na espessura, possibilitando uma troca de temperatura mais uniforme na área de aplicação. Os requisitos da PPDOM foram determinados por análise de referências científicas, através de trabalhos indicando os índices de desempenho necessários na termoterapia, e seu desenvolvimento foi iterativo, sendo a formulação do polímero derivado de óleo de mamona modificada de acordo com as características obtidas no protótipo anterior, até produzir placas capazes de atender aos requisitos propostos. Foram confeccionadas três placas (5, 10 e 15 mm) e realizados os testes de retenção de calor, troca de calor, termogravimetria e calorimetria exploratória diferencial. Foi selecionado um material de revestimento para as PPDOMs capaz de suportar a temperatura de trabalho, atóxico, asséptico, não alergênico e flexível, e fabricado um envoltório de tecido 100% algodão, para facilitar sua aplicação, eliminando a necessidade de utilização de toalhas. Para avaliar a aplicabilidade clínica da PPDOM, 30 voluntários se submeteram a sua aplicação durante 20 minutos e responderam a um questionário, através da escala de Likert, sobre parâmetros subjetivos como conforto, sensação térmica, toque superficial, aparência, além de expressarem a opinião a respeito do material desenvolvido. Os resultados demonstraram que a placa desenvolvida atinge temperatura máxima de $80,1 \pm 0,8$ °C após 15,0 min de aquecimento em água inicialmente à temperatura de ebulição e, se aplicada nestas condições, eleva a temperatura da pele acima dos 40 °C, que é a temperatura clínica, em 3,0 min, mantendo-a acima deste valor até 32,5 min após o contato com a pele. As respostas dos voluntários indicaram aceitação, sendo este um produto viável para aplicação clínica.

Palavras chave: Termoterapia. Polímero. Óleo de mamona.

ABSTRACT

SANTOS, F. B. M. **Development and evaluation of a polymeric plate derived from castor oil to thermotherapy**. 2010. 91 f. Thesis (Master degree) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia, Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

The objective of this work is to develop, characterize and evaluate, from the viewpoint of volunteers, a Polymeric Plate Derived from Castor Oil (PPDCO) for thermotherapeutic application. The PPDCO has utility similar to the gel or hot water bags, which are commercially available, attaching well to the patient's body and molding to it without variation in thickness, allowing more uniform temperature exchange in the application region. The requirements of the PPDCO were determined by analysis of scientific references that indicated the performance factors required in thermotherapy, and the development was iterative, being the formulation of the polymer derived from castor oil modified according to the characteristics obtained in the previous manufactured prototype, until producing plates that completely fulfill the proposed requirements. Three plates were prepared (5, 10 and 15 mm) and tested for heat retention, heat exchange, thermogravimetry and differential scanning calorimetry. It was selected a coating material for the PPDCOs capable of withstanding the operating temperature, non-toxic, aseptic, non-allergenic and flexible, and it was also made a 100% cotton wrap, to facilitate the PPDCO application, eliminating the use of towels. To evaluate the clinical applicability of PPDCOs, 30 volunteers underwent its application for 20 minutes and answered a questionnaire using the Likert scale about subjective parameters such as comfort, thermal sensation, light touch, appearance, and express their opinion about the developed material. The results showed that the developed plate reaches a maximum temperature of 80.1 ± 0.8 °C after 15.0 min of heating in water initially at boiling temperature and, if applied in these conditions, increases skin temperature above 40 °C, which is the clinic temperature, in 3.0 min, keeping it above this value up to 32.5 min after contact with the skin. The responses of the volunteers indicated their acceptance, being the PPDCO a viable product for clinical application.

Keywords: Thermotherapy. Polymer. Castor oil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Bolsa de borracha para água quente.....	31
Figura 2.2: Bolsa térmica de gel.....	32
Figura 2.3: Almofada <i>Elasto-gel</i> ®	33
Figura 3.1: <i>Ricinus Communis</i> , popularmente conhecida por mamona	37
Figura 3.2: Estrutura do ácido ricinoléico, principal componente do óleo de mamona.....	38
Figura 3.3: Reação química de di-isocianato com poliol formando um poliuretano	39
Figura 3.4: Pré-polimerização: reação de um di-isocianato com um poliol.....	40
Figura 4.1: Mistura poliol/pré-polímero em agitação – com a reação ocorre mudança na coloração.....	42
Figura 4.2: Mistura sendo despejada na fôrma de silicone.....	43
Figura 4.3: Base regulável de madeira	43
Figura 4.4: Mistura no dessecador (dir.) e bomba de vácuo (esq.).....	43
Figura 4.5: Termopar fixo no interior da placa para ensaio de retenção de calor	46
Figura 4.6: PPDOM em aquecimento dentro do béquer com água quente	47
Figura 5.1: Fôrmas grande (esq.) e pequena (dir.) utilizadas na produção das PPDOMs.....	53
Figura 5.2: PPDOM com grande número de bolhas.....	54
Figura 5.3: Placas deformadas após o aquecimento	56
Figura 5.4: Revestimento da PPDOM sendo selado	57
Figura 5.5: Envoltoário produzido a partir de toalhas de banho	58
Figura 5.6: Temperatura superficial das PPDOMs durante a aplicação simulada	58
Figura 5.7: Temperatura superficial normalizada das PPDOMs durante a aplicação simulada	59
Figura 5.8: Temperatura das PPDOMs durante o primeiro teste de retenção de calor	60
Figura 5.9: Temperatura da PPDOM de 15 mm durante o segundo teste de retenção de calor	62
Figura 5.10: Temperatura da pele e da PPDOM de 15mm durante o primeiro teste de troca de calor	63
Figura 5.11: Temperatura da pele durante o primeiro teste de troca de calor	64
Figura 5.12: Temperatura da PPDOM de 15 mm e da pele durante o segundo teste de troca de calor	65
Figura 5.13: Temperatura da pele durante teste de troca de calor	66
Figura 5.14: Curva TG/DTG da placa obtidas sob atmosfera dinâmica de N ₂	67
Figura 5.15: Curva DSC da placa.....	68
Figura 5.16: Avaliação dos voluntários a respeito do conforto proporcionado pela PPDOM ..	70
Figura 5.17: Avaliação dos voluntários a respeito da temperatura da PPDOM.....	71
Figura 5.18: Avaliação dos voluntários a respeito do tempo de resfriamento da PPDOM.....	71
Figura 5.19: Avaliação dos voluntários a respeito do toque superficial da PPDOM	72
Figura 5.20: Avaliação dos voluntários a respeito da aparência da PPDOM.....	72
Figura 5.21: Avaliação dos voluntários a respeito do peso da PPDOM.....	73
Figura 5.22: Avaliação dos voluntários a respeito da facilidade de aplicação da PPDOM	73
Figura 5.23: Avaliação dos voluntários a respeito da sensação durante a aplicação da PPDOM	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classificação dos recursos para termoterapia por adição segundo a ação produzida e a forma de transmissão de calor.....	30
Tabela 2.2 – Características das bolsas de gel comerciais	36
Tabela 5.1 – Formulações utilizadas na fabricação dos protótipos	55
Tabela 5.2 – Formulações utilizadas na fabricação das PPDOMs	56
Tabela 5.3 – Comparação dos requisitos com os resultados do primeiro teste de troca de calor	64
Tabela 5.4 – Comparação dos requisitos com os resultados dos testes de troca de calor	66
Tabela 5.5 – Eventos observados no teste de termogravimetria.....	68
Tabela 5.6 – Sexo, idade e quantidade de voluntários	69
Tabela 5.7 – Respostas dos voluntários às questões do formulário	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Comp.	Comprimento
DSC	“ <i>Differential Scanning Calorimetry</i> ” – Calorimetria Exploratória Diferencial
DTG	Derivada da Termogravimetria
Esp.	Espessura
GQATP	Grupo de Química Analítica e Tecnologia de Polímeros
HCFMRP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
IFSC	Instituto de Física de São Carlos
IQSC	Instituto de Química de São Carlos
Larg.	Largura
Pág.	Página
PP	Pré-Polímero
PPDOM	Placa Polimérica Derivada de Óleo de Mamona
Prof.	Profundidade
S/N	Sim/Não
SNC	Sistema Nervoso Central
TG	Termogravimetria
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

C	Capacidade calorífica
J	Joules
K	Kelvin
cal	Calorias
°C	Graus Celsius
m	Massa
c	Calor específico
kg	Quilograma
g	Grama
Q	Energia térmica ou quantidade de calor
ΔT	Diferença de temperatura
W	Watts
k	Condutividade térmica
t	Tempo
A	Área
ΔL	Espessura
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros quadrados
min	Minutos
%	Por cento
m _{pl}	Massa de poliol

m_{pp}	Massa de pré-polímero
l	Litro
mm	Milímetros
ml	Mililitros
”	Polegadas
T_i	Temperatura Inicial
T_{max}	Temperatura Máxima
T_f	Temperatura Final
W/g	Watts por grama

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	OBJETIVOS DO ESTUDO	26
1.2	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	26
2	TERMOTERAPIA	27
2.1	FUNDAMENTOS FÍSICOS	27
2.2	RECURSOS TERMOTERÁPICOS	29
2.2.1	<i>Compressa Hydrocollator</i>	30
2.2.2	<i>Bolsa de Água Quente</i>	31
2.2.3	<i>Bolsas de gel</i>	31
2.2.4	<i>Almofadas Elasto-gel®</i>	32
2.3	EFEITOS FISIOLÓGICOS	33
2.4	INDICAÇÕES	34
2.5	CONTRA INDICAÇÕES	35
2.6	INTENSIDADE E DURAÇÃO DA APLICAÇÃO	35
3	POLÍMERO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA	37
3.1	PROPRIEDADES FÍSICAS	38
3.2	POLIURETANOS	39
3.2.1	<i>Polímeros e Poliuretanos</i>	39
3.2.2	<i>Poliol e Pré-Polímero</i>	39
4	MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1	DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS	41
4.1.1	<i>Procedimento de Fabricação das PPDOMs</i>	42
4.1.2	<i>Avaliação dos Protótipos</i>	44
4.1.3	<i>Revestimento</i>	44
4.2	TESTES DE LABORATÓRIO	45
4.2.1	<i>Aplicação Simulada</i>	45
4.2.2	<i>Retenção de Calor</i>	46
4.2.3	<i>Troca de Calor</i>	48
4.2.4	<i>Termogravimetria (TG)</i>	49
4.2.5	<i>Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)</i>	49
4.3	TESTES CLÍNICOS	50
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1	DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS	53
5.1.1	<i>Fabricação das PPDOMs</i>	53
5.1.2	<i>Avaliação dos Protótipos</i>	55
5.1.3	<i>Revestimento</i>	56
5.2	TESTES DE LABORATÓRIO	58
5.2.1	<i>Aplicação Simulada</i>	58
5.2.2	<i>Retenção de Calor</i>	60
5.2.3	<i>Troca de Calor</i>	62

5.2.4	<i>Termogravimetria</i>	67
5.2.5	<i>Calorimetria Exploratória Diferencial</i>	68
5.3	TESTES CLÍNICOS	69
6	CONCLUSÕES	77
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	83
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA O VOLUNTÁRIO	85
	APÊNDICE C – TRANSCRIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES DOS VOLUNTÁRIOS	87
	ANEXO A. – OFÍCIO DE APROVAÇÃO – COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (HCFMRP)	91

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho contempla o desenvolvimento e a avaliação de uma Placa Polimérica Derivada de Óleo de Mamona (PPDOM) criada com o objetivo de reter o calor e transferi-lo à pele, de modo a ser utilizada como recurso termoterápico para reabilitação.

A idéia do desenvolvimento de uma PPDOM surgiu da percepção da pesquisadora de alguns inconvenientes relacionados com os recursos terapêuticos mais utilizados para a aplicação de calor (termoterapia) pela população brasileira, principalmente no ambiente domiciliar, como as bolsas de gel e as de água quente, entre eles: dificuldade no acoplamento adequado ao corpo do paciente; variações na espessura dependendo da área de aplicação e dificuldade de utilização em algumas regiões do corpo. Com isso, propôs-se a criação de um recurso termoterápico composto por um material flexível, capaz de reter e trocar calor e que não apresentasse variação de espessura quando moldado a uma área do corpo.

O material escolhido foi um polímero de mamona devido às suas características e à diversidade de possíveis composições já publicadas pelo Grupo de Química Analítica e Tecnologia de Polímeros (GQATP) do Instituto de Química de São Carlos (IQSC), da Universidade de São Paulo (USP). Sabia-se, portanto, da possibilidade de se conseguir produzir uma placa com potencial termoterápico e características subjetivas como conforto, aparência, toque superficial na pele, entre outras, tão boas ou melhores que os recursos mais comuns utilizados no país. Este tipo de material tem ainda outras importantes vantagens: a facilidade de obtenção da matéria-prima, que é renovável e abundante no Brasil, e a substituição dos produtos derivados de petróleo, utilizados na fabricação da maioria das bolsas de gel comerciais.

Além da busca por um produto útil e viável, este trabalho constituiu um desafio por integrar diversas áreas do conhecimento, mais notadamente química, física e fisioterapia, o que ressalta sua natureza multidisciplinar, característica marcante do Programa Interunidades em Bioengenharia da USP.

1.1 OBJETIVOS DO ESTUDO

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma placa para uso em termoterapia usando material nacional. Para alcançar esta meta, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver uma placa polimérica a partir de componentes derivados de óleo de mamona com características que permitam seu uso em termoterapia;
- Caracterizar a PPDOM e seu material de revestimento;
- Avaliar, na perspectiva dos voluntários, a aplicabilidade da PPDOM.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em seções, sendo que a primeira delas é introdutória, trazendo ainda os objetivos do trabalho (seção 1.1).

Na sequência apresentadas as informações necessárias para a compreensão do conceito da termoterapia (seção 2) e do material utilizado, o polímero derivado de óleo de mamona (seção 3). Esta parte do documento, além de teorias científicas, traz os resultados da pesquisa de referências bibliográficas.

A seção 4 descreve a metodologia utilizada tanto no desenvolvimento do material quanto nos testes de laboratório das PPDOMs. Na sequência são apresentados e discutidos os resultados obtidos em todas as etapas do trabalho (seção 5), seguidos das conclusões finais (seção 6), que encerram o texto.

2 TERMOTERAPIA

A termoterapia é a utilização de variações de temperatura para fins terapêuticos. Sua aplicação na reabilitação física é largamente difundida e tão antiga que não é possível determinar quando teve início (ALLEN, 2006; LICHT, 1984), porém existem relatos históricos de aplicação na Grécia Antiga e em Roma, com o objetivo de amenizar problemas reumáticos (VLIELAND, 2003). Ela diz respeito tanto ao emprego do calor (termoterapia por adição) quanto do frio (termoterapia por subtração ou crioterapia) (AGNE, 2004). Neste trabalho vamos nos referir ao calor terapêutico, que pretendemos produzir utilizando a placa desenvolvida.

2.1 FUNDAMENTOS FÍSICOS

Em termos físicos, a temperatura é a medida da energia cinética associada ao movimento aleatório, ou agitação, das partículas que compõem a matéria. Quando dois corpos, com diferentes temperaturas são postos em contato, eles trocam energia térmica até atingirem o equilíbrio. Esta troca de energia é chamada de calor e o ramo da ciência que descreve a relação entre esta e outras formas de energia é a termodinâmica. A transmissão do calor pode ocorrer de três maneiras (CAMERON, 2009; KREITH, 1977):

Condução: troca de calor entre dois corpos em contato, em consequência da diferença de temperatura. Este fenômeno ocorre através de colisões moleculares, sendo no caso, somente a energia transferida, não havendo troca de massa entre os corpos.

Convecção: propagação de calor em meios fluídos (líquidos e gases) através da diferença de densidade. Nestes meios, as partes mais aquecidas (menos densas) tendem a subir, enquanto que as partes mais frias (mais densas) tendem a descer, gerando movimento. As partículas do fluído também trocam calor através da condução, porém o transporte de energia através da movimentação de massa por convecção é, em geral, mais significativo.

Radiação: trata-se da conversão da energia eletromagnética absorvida por um corpo em calor. Esta energia, por sua vez, é proveniente de radiação emitida por outro corpo, que não necessariamente está em contato com aquele que a absorve.

Existem exemplos de recursos termoterápicos utilizando qualquer uma das três formas de transmissão de calor, como será mostrado na seção 2.2. Neste trabalho, entretanto, nos atentaremos principalmente na transmissão do calor por condução, que ocorre quando bolsas quentes, ou a PPDOM que foi desenvolvida, entram em contato com a pele do indivíduo.

Neste caso, é relevante a capacidade calorífica do recurso em estudo. Esta característica, representada por C e dada em Joules por Kelvin (J/K) ou calorias por graus Celsius (cal/°C), determina o quanto um corpo de massa m é aquecido ao receber uma determinada quantidade de calor. Como mostra a equação (1), ela depende somente da massa do corpo (m) e do calor específico (c), dado em Joules por quilograma vezes Kelvin (J/kg.K) ou calorias por grama vezes grau Celsius (cal/g.°C) (TIPLER, 1978), que é uma constante que caracteriza cada substância em determinado estado físico.

$$C = m.c \quad (1)$$

De maneira prática, se tivermos dois recursos termoterápicos em uma mesma temperatura, digamos 47 °C, aquele que tiver maior produto massa vezes calor específico, terá maior capacidade de aquecer e manter a temperatura de uma mesma área do corpo do indivíduo, ou seja, aquele que possui maior capacidade térmica (C), tem mais energia térmica (Q) armazenada. Por outro lado, o recurso com maior massa exige mais energia para atingir esta temperatura inicial, portanto exigirá maior tempo de aquecimento, se o método utilizado for o mesmo.

A equação (2) mostra que é possível determinar o calor específico de um material medindo-se a variação de temperatura (ΔT) de um corpo de massa (m) conhecida, durante a aplicação de uma quantidade de calor (Q) definida. Ela é útil na determinação do calor específico das PPDOMs, permitindo estimar a capacidade térmica dos protótipos desenvolvidos.

$$c = \frac{Q}{m.\Delta T} \quad (2)$$

Outra característica que merece destaque é a condutividade térmica, dada em Watts por metro vezes Kelvin (W/m.K) e representada pela letra k . Ela determina a habilidade do material de conduzir calor. Possui valor elevado em materiais como o alumínio e é baixa em isolantes térmicos, como a madeira e o isopor. Na equação (3), vemos que a quantidade de calor (Q) fluindo de um corpo por condução é diretamente proporcional ao tempo de fluxo (t), à área através da qual ele flui (A), à diferença de temperatura entre os corpos (ΔT) e à condutividade térmica (k) e é inversamente proporcional à espessura da camada (ΔL) que separa os corpos (LEHMANN; LATEUR, 1984b).

$$Q = k.A.t \left(\frac{\Delta T}{\Delta L} \right) \quad (3)$$

A condutividade térmica é relevante neste trabalho, pois determina o tempo necessário para transmissão da energia térmica armazenada na PPDOM ao corpo do indivíduo, fixando-se a diferença de temperatura, o tamanho da placa (área de contato) e a espessura dos materiais de revestimento e toalhas utilizadas. Se a condutividade térmica é baixa, a pele demora muito tempo para aquecer, e é necessário maior tempo de aplicação. Por outro lado, se a troca de calor ocorre rapidamente, basta aumentar a espessura dos materiais isolantes entre a placa e o corpo do indivíduo para que não ocorram lesões em sua pele.

2.2 RECURSOS TERMOTERÁPICOS

A aplicação do calor terapêutico pode ser feita através de ação superficial ou profunda, de acordo com a necessidade da enfermidade e de sua localização. Ele pode ser produzido de maneira artificial através de métodos cuja complexidade varia da água quente às ondas de ultra-som (ALLEN, 2006; GLOTH; MATESI, 2001; LICHT, 1984). A Tabela 2.1 apresenta exemplos de recursos para termoterapia por adição separando-os segundo o tipo de ação produzida e a forma de transferência de calor para o interior dos tecidos.

Tabela 2.1 – Classificação dos recursos para termoterapia por adição segundo a ação produzida e a forma de transmissão de calor

Tipo de Ação	Forma de transmissão	Exemplos
Superficial	Condução	Parafina, compressa quente, bolsa de gel, bolsa de água
	Convecção	Forno de Bier, ducha quente, sauna, banheira de hidromassagem, hidroterapia de turbilhão
	Radiação	Infravermelho
Profunda	Radiação	Ondas curtas, microondas, ultra-som

A escolha do recurso indicado em reabilitação depende de sua disponibilidade e da forma de acoplamento, bem como do efeito fisiológico desejado e, conseqüentemente, da intensidade do calor necessário (GLOTH; MATESI, 2001).

Os recursos superficiais, entre os quais se enquadra a PPDOM desenvolvida, são bastante utilizados tanto em clínica, quanto no programa domiciliar, onde o próprio indivíduo ou familiares podem aplicá-los seguindo a orientação de um profissional de saúde com formação nesta área. Segundo Hurley e Bearne (2008), sua eficácia possui pouca evidência e muitos resultados conflitantes, porém a segurança, facilidade de aplicação, baixo custo e boa aceitação por parte dos pacientes os tornam potencialmente úteis e acessíveis e explicam sua ampla utilização. Destes recursos, os mais difundidos na área da reabilitação são apresentados a seguir.

2.2.1 Compressa Hydrocollator

Este tipo de compressa é o mais conhecido e comercialmente disponível nos Estados Unidos da América. Elas contêm gel de silicato em uma bolsa de algodão. O processo de aquecimento é feito em banho-maria termostático. O gel absorve e retém grande quantidade de água com seu alto potencial térmico. No momento da aplicação, atinge de 70 a 80 °C (BISSEL; PUEBLO, 1999). Por se tratar de um recurso que fica imerso na água quente, durante a aplicação deve ser envolto em toalhas de algodão para evitar queimaduras.

2.2.2 Bolsa de Água Quente

Bolsas de borracha preenchidas com água quente (Figura 2.1) são os recursos mais comuns em aplicações domésticas, porém esta técnica também tem sido usada na medicina do esporte e em reabilitação (COCHRANE, 2004). A aplicação é similar ao *Hydrocollator*, mas é necessário observar que a transferência de calor para o interior dos tecidos também dependerá da temperatura da água na bolsa, que não é controlada termostaticamente (LEHMANN; LATEUR, 1984b). Além disto, de acordo com Bissel e Pueblo (1999), estas bolsas têm períodos de oscilações de temperatura e não esfriam espontaneamente, podendo causar queimaduras se a aplicação for prolongada.

Figura 2.1: Bolsa de borracha para água quente

2.2.3 Bolsas de gel

Estas bolsas (Figura 2.2) são produzidas com revestimento plástico contendo gel em seu interior, que mantém sua consistência quando aquecido e, em geral, também quando resfriado. São utilizadas no tratamento domiciliar por seu custo reduzido, necessidade mínima de manutenção e boa durabilidade. São encontradas em várias medidas para aplicação em diferentes áreas do corpo (cervical, lombar, ombros, joelho, mão, etc.) e geralmente apresentam boa aceitação pelos indivíduos.

Figura 2.2: Bolsa térmica de gel

As bolsas de boa qualidade são dermatologicamente testadas, possuem revestimento resistente e são atóxicas. Algumas permitem aquecimento utilizando água quente, forno convencional ou de microondas e podem ainda ser utilizadas para terapia com frio. O gel utilizado é maleável e possui certo peso, de modo que a bolsa pode moldar-se ao corpo do indivíduo, facilitando a aplicação, porém apresenta como desvantagem o escoamento para a borda da bolsa dependendo da região que é aplicada e com isso não permitindo a manutenção da temperatura em toda a área comprometida ou aplicada.

Apesar da larga utilização deste tipo de recurso termoterápico, não existem normas técnicas brasileiras que regulamentem suas características de qualidade e os testes a que devem ser submetidas (CARBOGEL, 2009). Com isso, os fabricantes nacionais definem sua própria metodologia e não existe um padrão que permita comparação entre os diversos produtos.

2.2.4 Almofadas *Elasto-gel*®

Fabricadas desde 1983 pela empresa norte-americana *South West*, as almofadas *Elasto-gel*® (Figura 2.3) são parecidas com as bolsas de gel, porém seu material interno, glicerina-gel, é mais denso, flexível e não vaza em caso de perfuração. Estas almofadas têm maior espessura e moldam-se melhor ao corpo do indivíduo. Também são encontradas em tamanhos variados e permitem aquecimento em forno convencional ou de microondas. São revestidas com plástico impermeável e possuem uma capa de tecido removível, que é utilizada durante a aplicação (ELASTOGEL, 2009).

Figura 2.3: Almofada *Elasto-gel®*

2.3 EFEITOS FISIOLÓGICOS

A termoterapia por adição promove a vasodilatação, melhora o metabolismo e a circulação local, aumenta a extensibilidade dos tecidos moles, o relaxamento muscular, a analgesia, reduz a rigidez das articulações, melhora a flexibilidade dos tecidos músculo-tendíneos, melhora o espasmo muscular, ajuda na resolução dos infiltrados, edema e exudatos inflamatórios, melhorando a cicatrização dos tecidos (COCHRANE, 2004; FERREL, 1996; LEHMANN; LATEUR, 1984a; OOSTERVELD; RASKER, 1994).

As modalidades de calor superficial e profundo podem aumentar a temperatura da pele, cavidade articular e tecidos superficiais e profundos (DI DOMENICA et al., 2005; VLIELAND, 2003). Oosterveld e Rasker (1994) observam ainda uma diminuição na temperatura intra-articular, enquanto ocorre aumento na temperatura superficial, em decorrência da aplicação de bolsa de água quente.

Segundo Collins (1998), os efeitos físicos da aplicação do calor são: aumento de temperatura, dilatação do material, alteração no estado físico, aumento progressivo das reações químicas, criação de uma diferença de potencial elétrico, produção de ondas eletromagnéticas, emissão termo-iônica e diminuição na viscosidade dos fluídos.

2.4 INDICAÇÕES

As ações fisiológicas produzidas tornam a termoterapia eficaz no tratamento de processos inflamatórios localizados, da rigidez articular, de transtornos gastrointestinais, cólicas menstruais, além de ser um excelente método de preparo para a terapia por exercícios como a cinesioterapia, pois, de acordo com Araújo (2006), melhora a amplitude de movimento e reduz as contraturas articulares. Este método diminui a resistência elástica (elastina) e plástica (colágeno) dos componentes teciduais (YENG et al., 2001).

O trabalho de Allen (2006) mostra a eficácia da termoterapia no tratamento da dor crônica. Segundo Cameron (2009), o calor superficial tem efeito na atividade metabólica, neuromuscular, e hemodinâmica, influenciando na cicatrização dos tecidos e na geração de dor nociceptiva aguda. Gloth e Matesi (2001) também relatam analgesia, aumento do metabolismo e relaxamento muscular como efeitos da aplicação do calor e sugerem um conjunto de causas para os efeitos analgésicos, entre elas a teoria das comportas¹ e a liberação de endorfinas.

Apesar de todos estes benefícios, citados pelos autores, nem sempre a aplicação de calor superficial é efetiva, devido à ação isolante da gordura subcutânea. Oosterveld e Rasker (1994) mostram que o calor profundo aumenta a extensibilidade dos tecidos mais que o calor superficial e Starkey (2001) afirma que a termoterapia superficial não alcança a camada muscular e com isso não é tão eficiente no tratamento de estruturas com profundidade superior a 2 cm. Nestes casos são mais indicadas modalidades de aquecimento profundas. A exceção fica por conta de regiões como pés e mãos, que têm pouca gordura. Já nos membros, é possível atingir tendões e ligamentos, desde que a temperatura seja mantida por período de tempo mais longo.

A escolha da termoterapia superficial é adequada quando se deseja um efeito de aquecimento mais leve na profundidade dos tecidos, com uma modalidade de aquecimento brando que, quando aplicado, possa limitar o aumento da temperatura tecidual a níveis moderados no local da lesão (LEHMANN; LATEUR, 1984b). Em geral, preconiza-se a

¹ A Teoria das Comportas (“*Gate Control*”) foi proposta por Melzack e Wall (1965) e estabelece que a estimulação de fibras A β , que não transmitem sinais da dor, ativa interneurônios produtores de encefalina que inibem a ação de fibras C aferentes, responsáveis pela transmissão destes sinais, agindo como uma comporta fechada que impede a chegada da informação da dor ao cérebro.

utilização da crioterapia nas primeiras setenta e duas horas após a ocorrência da lesão, que correspondem ao processo agudo, e, após este prazo, recomenda-se o calor terapêutico.

2.5 CONTRA INDICAÇÕES

A termoterapia por adição é contra indicada na fase aguda de processos inflamatórios, traumáticos ou hemorrágicos e quando há discrasias sanguíneas, isquemias ou estases venosas teciduais, radioterapia localizada, infecções regionais, anormalidades cognitivas e hipoestesia regional que dificulta a percepção ou o relato de hipertermia e de queimaduras (BISSEL; PUEBLO, 1999; LCHAMANN; LATCUR, 1989; LIN, 1995).

A aplicação de bolsas, compressas e a imersão a temperaturas entre 40 e 45 °C também é contra-indicada em áreas pós-cirúrgicas, devido à perda de sensibilidade no local, ou diretamente sobre as áreas do tumor maligno, para evitar a vasodilatação, que além de aumentar o fluxo sanguíneo eleva o risco de disseminação das células tumorais por via sanguínea e/ou linfática (SAMPAIO; MOURA; RESENDE, 2005).

O calor superficial deve ser usado com precaução em pacientes com comprometimento circulatório e provavelmente não deve ser usado em áreas de insuficiência arterial (GLOTH; MATESI, 2001). É também importante evitar o aquecimento das gônadas ou do feto em desenvolvimento (LEHMANN; LATEUR, 1984b).

A aplicação exige precaução quando realizada em áreas com implante metal superficial ou com ferimento aberto e também em pacientes que apresentam insuficiência cardíaca, são hipotensivos ou propensos ao desmaio, quando grandes áreas corporais são aquecidas (BELANGER, 2002; CAMERON, 2009).

2.6 INTENSIDADE E DURAÇÃO DA APLICAÇÃO

Segundo Johnson e Kitchen (1998), com a aplicação do calor de contato superficial a mudança de temperatura dos tecidos superficiais depende da intensidade do calor (medida em W/cm^2), da duração da exposição ao calor (medida em minutos) e do meio térmico para aquecimento superficial, que é um produto das características da condutividade térmica, da massa e do calor específico do tecido. Kaziya, Imamura e Pastor (2001) lembram ainda

que esta mudança é inversamente proporcional à espessura dos meios de proteção (toalhas, por exemplo) colocados entre a pele e a bolsa ou outro meio de aplicação do calor.

Araújo (2006) afirma que um método de aquecimento deve elevar a temperatura da pele acima de 40 °C para que produza efeitos terapêuticos, de modo que o calor seja transmitido para os tecidos subjacentes. Por outro lado, acima de 45 a 46 °C surge desconforto e pode ocorrer lesão tecidual caso a temperatura seja mantida por tempo prolongado (BEHREM; MICHLOVITZ, 2005; KAZIYAMA; IMAMURA; PASTOR, 2001). Para que a pele seja aquecida desta forma, a temperatura do recurso termoterápico ao ser utilizado deve estar entre 70 e 80 °C, devendo este ser aplicado envolto por um tecido para proteção da pele.

Quanto ao tempo de retenção do calor, de acordo com Johnson e Kitchen (1998), ocorre elevação máxima da temperatura da pele e do tecido superficialmente de 6 a 8 min após o início da aplicação. O músculo subjacente à pele responderá de forma mais lenta e em menor grau com aplicação de calor superficial em temperatura tolerável, podendo elevar a temperatura muscular em cerca de 1 °C com profundidade de até 3 cm. Isto, entretanto, depende da quantidade de gordura subcutânea presente na área de aplicação, pois esta atua como isolante. Segundo Agne (2004), a duração do aumento de temperatura tecidual varia de 3 a 30 min. Com isto, a aplicação típica dos recursos termoterápicos é feita em torno de 20 a 30 min. Especificamente para bolsas de água quente, Bissel e Pueblo (1999) afirmam que, pelo fato de não esfriarem espontaneamente, o tempo de aplicação deve ser reduzido para 20 min no máximo.

Algumas características das bolsas de gel encontradas no mercado, que serviram de base para o desenvolvimento deste trabalho estão demonstradas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Características das bolsas de gel comerciais

Temperatura de Aplicação	Temperatura da pele		Tempo de Retenção da Temperatura	Forma de Aplicação
	Mínima	Máxima		
70 a 80 °C	40 °C	45 °C	Pelo menos 20 min	Envolvida em uma toalha

3 POLÍMERO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA

A mamona (Figura 3.1), nome popular *Ricinus communis*, é uma xerófila de origem afro-asiática da família das euforbiáceas, classe dicotiledôneas, ordem gerianáceas (COSTA, 2006), que pode ser encontrada em regiões tropicais e subtropicais (SILVESTRE FILHO, 2001). É uma árvore ou arbusto bastante tolerante a escassez de água, a variações meteorológicas e de tipos de solo, porém exigente em calor e luminosidade. Pode atingir 10 metros de altura aos quatro anos de idade (SCHOLZ; SILVA, 2008), cresce sem cultivo em grandes quantidades e está disponível a baixo custo (ALBUQUERQUE et al., 2009). O destaque desta planta, entretanto, está em seu grande potencial óleoquímico, por possuir em sua composição 90% de uma única molécula que é o triglicerídeo do ácido ricinoléico, o que faz deste óleo uma excelente matéria-prima para síntese de uma variedade de produtos químicos (CHIERICE; CLARO NETO, 2001; TROVATI et al., 2010).

Figura 3.1: *Ricinus Communis*, popularmente conhecida por mamona

Existem evidências que óleo da semente de mamona, que também pode ser chamado óleo de rícino (e internacionalmente: *castor oil*, *castor bean*, *castor*, *castor oil plant*, *ricin*, *mamona*, *mamoeira* e *palma christi*), já era utilizado há 6000 anos. Foi, porém, nas décadas

de 1970 e 1980 que ele foi apontado como possível matéria-prima para obtenção dos derivados do petróleo (BARNES; BALDWIN; BRAASCH, 2008). A partir daí, foram descobertas inúmeras aplicações industriais, tais como: revestimentos protetores (tintas e vernizes) impermeabilizantes de superfície, fluidos hidráulicos, cosméticos, lubrificantes para aviões e naves espaciais, vidros à prova de bala, cabos de fibra óptica, lentes de contato, plastificantes, plásticos, e até laxantes, entre outras.

Mais recentemente, podemos destacar a utilização na produção de biodiesel em larga escala e também de biopolímeros (polímeros para uso biológico) para serem utilizados na fabricação de cimento ósseo e próteses de diversas partes do corpo humano (FREITAS; FREDO, 2005). Na área médica este biopolímero se destaca como um material atóxico, biocompatível e osteointegrável. Além disto, existem diversos relatos de uso veterinário (LARANJEIRA et al., 2004, MARIA et al., 2004).

3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS

O óleo de mamona é obtido pela prensagem a frio ou a quente das sementes da planta, por extração com solvente ou através da combinação destas técnicas. Alguns solventes orgânicos utilizados são o heptano, o hexano e o éter de petróleo (OGUNNIYI, 2006). O óleo extraído tem cor amarelo-verde a amarelo-marrom. Já processado pode ser claro (SCHOLZ; SILVA, 2008). Em sua composição, o ácido ricinoléico (ácido 12-hidroxi-oléico, ou $C_{18}H_{34}O_3$), cuja estrutura está representada na Figura 3.2, corresponde a 90% do total, e os 10% restantes são ácidos graxos não hidroxilados, principalmente os ácidos oléico e linoléico (ALBUQUERQUE et al., 2009).

Figura 3.2: Estrutura do ácido ricinoléico, principal componente do óleo de mamona

3.2 POLIURETANOS

3.2.1 Polímeros e Poliuretanos

A palavra polímero vem da junção das palavras gregas “*poli*” (muitas) e “*mero*” (partes). Estes materiais são constituídos de macromoléculas orgânicas, que são longas cadeias carbônicas compostas de unidades que se repetem. Eles podem ter origem sintética, como os plásticos e as borrachas, ou natural, como a seda, o chifre, o algodão e a lã. Os elementos mais comumente encontrados em sua constituição são carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e flúor. As cadeias, cujo arranjo é formado através de ligações covalentes, se unem através de ligação fraca, secundária, geralmente dipolar (LEITE, 2007).

Os poliuretanos se caracterizam por apresentarem repetição da ligação uretana em sua estrutura molecular. Sua polimerização é obtida por reação de condensação entre um diisocianato e um polioliol. Isto pode ser obtido, entre outras formas, pela mistura de um poliisocianato com um polioliol (Figura 3.3) ou pela mistura de um pré-polímero com um polioliol, como é o caso do material produzido neste trabalho.

Figura 3.3: Reação química de di-isocianato com polioliol formando um poliuretano

3.2.2 Polioliol e Pré-Polímero

Os polióis são compostos hidroxilados, geralmente encontrados na forma de poliéteres ou poliésteres. Sua massa molecular, estrutura e funcionalidade são fatores determinantes das propriedades do polímero produzido (SILVESTRE FILHO, 2001). O óleo de mamona, além da característica única de ser um polioliol natural (VILAR, 2004), permite a produção de diversos outros polióis poliésteres. Neste trabalho será utilizado um polioliol derivado de óleo de mamona, pertencendo este a classe dos polióis poliésteres.

Pré-polímeros resultam da reação de di-isocianato ou poli-isocianato com um poliol (Figura 3.4). Esta pré-polymerização é realizada para reduzir a reatividade dos compostos contendo grupos isocianatos e é controlada para que reste o teor desejado de isocianato livre, permitindo a realização posterior da polymerização através da mistura com um poliol (SILVESTRE FILHO, 2001).

Figura 3.4: Pré-polymerização: reação de um di-isocianato com um poliol

Fonte: Claro Neto (1997)

Dependendo do par poliol/pré-polímero e de suas concentrações, ou seja, da formulação utilizada, são gerados materiais que podem apresentar características tanto térmicas quanto mecânicas variadas, como comprovam Costa (2006); Leite (2007); Santos e Gregorio Filho (2004); Santos (2005) e Silvestre Filho (2001), entre outros. Ao mesmo tempo em que isto permite maior número de aplicações, exige maior conhecimento para determinação da formulação a partir dos resultados desejados.

O material desenvolvido neste trabalho para utilização como placa termoterápica é um poliuretano bicomponente, produzido através da mistura de um poliol com um pré-polímero derivado do óleo de mamona. Isso desencadeia a reação de polymerização, que é exotérmica e demora de 24 a 48 horas para a cura completa.

O GQATP, trabalha desde 1984 no desenvolvimento de biopolímeros derivados de óleo de mamona. Assim, desenvolveu tecnologia suficiente para conseguir um grande número de materiais com características pré-determinadas, úteis para as mais diversas aplicações. Graças a este conhecimento, foi possível conduzir este trabalho, no qual foram testados 5 polióis e 2 pré-polímeros em concentrações variadas, todos fornecidos pelo grupo supracitado.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Por questões didáticas, esta seção foi dividida em três partes distintas: a primeira corresponde ao desenvolvimento de protótipos de PPDOMs (seção 4.1), a segunda contempla os testes de laboratório (seção 4.2), que caracterizam e garantem a segurança da placa desenvolvida tornando-a apta à utilização na terceira etapa, que compreende a aplicação clínica e avaliação por parte de voluntários (seção 4.3). Estas etapas cumprem, respectivamente, os três objetivos específicos deste trabalho. Com isso, executadas estas etapas, teremos alcançado todos os objetivos propostos na seção 1.1.

Nesta seção são apresentados os materiais e métodos aplicados na execução das três etapas citadas acima, bem como uma explanação sobre a metodologia utilizada para análise das informações obtidas em todos os procedimentos realizados (seção 4.4).

4.1 DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS

O início desta etapa correspondeu à análise de documentos, normas técnicas e especificações de recursos termoterápicos comerciais, além de artigos científicos e livros contendo informações sobre as características destes equipamentos que deveriam ser observadas nos protótipos de PPDOMs.

Inicialmente foram definidos os aspectos desejados, como temperatura de aplicação (70 a 80 °C), temperatura terapêutica da pele (40 a 45 °C), tempo de retenção do calor (20 a 30 min), consistência e flexibilidade. Outras características foram apontadas para melhor definição em etapas posteriores, como tempo de aquecimento em água e espessura da PPDOM.

Deu-se, então, início ao trabalho de desenvolvimento propriamente dito, que foi realizado iterativamente, com avaliação das características dos protótipos resultantes. Assim, a cada protótipo produzido foram verificadas as características desejadas e, com base no conhecimento dos membros do GQATP, a formulação, o processo de produção ou ambos foram modificados com o intuito de corrigir as divergências com relação ao resultado esperado. Este procedimento foi repetido várias vezes até a obtenção de alguns protótipos

com potencial para utilização como recurso termoterápico, que puderam então ser submetidos a avaliações mais detalhadas.

4.1.1 Procedimento de Fabricação das PPDOMs

A fabricação dos protótipos inicia-se com a definição da quantidade necessária de polioli e pré-polímero. Esta definição depende da proporção desejada e do volume da PPDOM, como mostra a equação (4), na qual m_{pl} , m_{pp} , $comp$, $larg$, e esp , representam, respectivamente, a massa do polioli, a massa do pré-polímero, o comprimento, a largura e a espessura da PPDOM. Neste cálculo considera-se a densidade dos materiais como sendo 1 g/l.

$$m_{pl} + m_{pp} = comp \times larg \times esp \quad (4)$$

Após a medida das massas do polioli e do pré-polímero com o uso de balança semi-analítica (Gehaka®, modelo BG 8000), eles são misturados e agitados ininterruptamente por dois minutos e trinta segundos (Figura 4.1). A mistura é então colocada em fôrma de silicone (Figura 4.2) e posicionada sobre uma base regulável de madeira, já previamente nivelada (Figura 4.3). Ali, deve permanecer até que esteja curada (o tempo varia de 24 a 48 horas, dependendo do volume da placa). Neste trabalho, como mostra a seção 5.1.1, foram utilizadas fôrmas de silicone de dois tamanhos diferentes (Colorcook® 210 x 80 x 60 mm e 220 x 180 x 60 mm).

Figura 4.1: Mistura polioli/pré-polímero em agitação – com a reação ocorre mudança na coloração

Figura 4.2: Mistura sendo despejada na fôrma de silicone

Figura 4.3: Base regulável de madeira

Após a fabricação dos primeiros protótipos, notou-se a necessidade de se utilizar dessecador (Vidrolabor® Therwex® 250 m/m) e bomba de vácuo (Edwards® 8 Two Stage E2V2 C480785) para eliminar o ar introduzido durante a agitação. Assim, a mistura foi colocada sob vácuo (Figura 4.4) durante um intervalo de tempo que varia de 2,5 a 5 min, após a agitação do poliol e do pré-polímero.

Figura 4.4: Mistura no dessecador (dir.) e bomba de vácuo (esq.)

Para reduzir o tempo de cura de polimerização foi feita uma tentativa de se colocar a massa reacional em uma estufa (Quimis® Q317B-242) a 70 °C, porém não houve vantagem significativa e o procedimento foi ignorado nos demais protótipos. Para alguns protótipos, com o intuito de acelerar o processo de cura, foi adicionado catalisador ao polioli.

4.1.2 Avaliação dos Protótipos

A primeira avaliação dos protótipos foi empírica e contemplou a verificação das seguintes características: consistência, flexibilidade, aderência à pele, manutenção do volume e memória de forma. Aqueles considerados inaptos para exercer função termoterápica foram eliminados imediatamente. Os demais foram então submetidos a um ensaio de aquecimento para verificar a manutenção das características em toda a faixa de temperatura de trabalho.

Neste ensaio, 3 L de água foram colocados em um bquer com capacidade para 5000 ml e aquecidos com auxílio de um ebulidor (Resiswal® 1000 W/127 V) até a temperatura de ebulição (no laboratório do IQSC esta temperatura é de 96,6 °C). O ebulidor foi então retirado e o protótipo em teste mergulhado na água durante 10 min. Nos casos em que uma ou mais característica não se manteve, o protótipo foi desqualificado para a continuidade dos trabalhos e outra formulação foi elaborada.

Foi utilizado termômetro digital Minipa® MT-401A, com termopar também Minipa® TK-105 para a verificação da temperatura da água. Para controle do tempo de imersão na água utilizou-se cronômetro Casio® modelo Lap Memory 10.

No método iterativo proposto para este trabalho, a seqüência, fabricação de protótipo, avaliação empírica e ensaio de aquecimento, foi repetida até que fossem obtidas formulações adequadas para três diferentes espessuras de PPDOMs selecionadas para as etapas seguintes.

4.1.3 Revestimento

A aplicação de um material de revestimento foi feita com o intuito de aumentar a vida útil da PPDOM, protegendo-a de sujeira e danos mecânicos. A seleção privilegiou materiais atóxicos, assépticos, não alergênicos, não incandescentes, flexíveis, que permitissem aquecimento em forno convencional, microondas e em água a 100 °C e que apresentassem baixo custo.

O método utilizado na seleção foi a análise das características dos materiais existentes no mercado nacional, comparando-as com os requisitos citados no parágrafo anterior. A confirmação da segurança do revestimento se deu pela aplicação de alguns dos testes de laboratório usando a PPDOM já revestida. No caso do revestimento selecionado o fechamento foi feito com uso de uma seladora IPCAL® modelo 2030.

4.2 TESTES DE LABORATÓRIO

Estes testes foram realizados com o objetivo de garantir a segurança dos protótipos desenvolvidos para aplicação clínica. Além disso, os resultados obtidos permitem a avaliação do potencial termoterápico das PPDOMs através da observação de algumas das características desejadas, como a temperatura de aplicação, temperatura da pele, tempo de retenção de calor e forma de aplicação.

A metodologia utilizada foi sendo refinada no decorrer do trabalho, conforme os primeiros resultados obtidos indicavam aspectos a serem corrigidos ou melhorados. Por isso, alguns dos ensaios, como a aplicação simulada, não atingiram seu objetivo inicial, porém permitiram a formulação de outros procedimentos para alcançar este feito.

Já em outros casos, como nos ensaios de retenção e troca de calor, os testes foram realizados duas vezes, com alguns parâmetros modificados. Isto ocorreu porque a análise dos dados obtidos na primeira etapa permitiu identificar as condições ideais do ensaio, que foram então utilizadas na segunda execução. Estas informações serão explicitadas adiante, quando apresentados os resultados obtidos.

4.2.1 Aplicação Simulada

Este teste foi realizado com o objetivo de medir o desempenho da placa em condições normais de uso, verificando a capacidade de retenção de calor, sendo utilizado o seguinte procedimento:

Primeiramente, 3 L de água foram colocados em um béquer e aquecidos com a ajuda de um ebulidor (Resiswal® 1000 W/127 V) até que atingissem a temperatura de ebulição (em torno de 96,6 °C no laboratório do IQSC). Nesta condição, a fonte de calor foi desligada e a PPDOM foi mergulhada na água durante 10 min para aquecimento.

Após este período, a PPDOM foi retirada do béquer com a ajuda de uma pinça, enrolada em uma toalha de rosto 100% algodão (Artex®) e posicionada na região do ombro (músculo trapézio superior) de um voluntário. Um termopar Minipa® TK-105, ligado a um termômetro da mesma marca, modelo MT-401A, foi fixado com fita crepe na parte central superior da PPDOM, por baixo da toalha. A temperatura inicial foi medida e, logo após o posicionamento do termopar, novos registros passaram a ser realizados a cada 2 min, até o tempo total de 30 min. A temperatura ambiente também foi registrada durante a aplicação.

Os tempos foram medidos utilizando cronômetro Casio® modelo Lap Memory 10. Para cada PPDOM foram realizados três ensaios. Foram calculados a média e o desvio padrão dos dados obtidos e foram gerados gráficos utilizando ferramentas computacionais (OriginPro 8®, da OriginLab® Corporation).

4.2.2 Retenção de Calor

Para verificar a capacidade de manutenção da temperatura, as placas passaram por um teste de aquecimento e resfriamento com registro da temperatura interna. A preparação se deu com a realização de um furo central, para a fixação de um termopar tipo K (T1), e dois outros, um pouco mais distantes do centro, através dos quais foram passados dois amarra-fios plásticos. A inserção foi feita como mostra a Figura 4.5, sendo T1 colocado no furo central e fixado pela própria aderência do polímero. Seu fio foi preso pelos dois amarra-fios, para que não houvesse movimentação durante o procedimento de teste.

Figura 4.5: Termopar fixo no interior da placa para ensaio de retenção de calor

O termômetro utilizado (Fluke® 54II) dispõe de memória para registro da temperatura de dois termopares. Neste ensaio ele foi configurado para gravar as medidas a cada dez segundos, sendo que o registro tinha início após a inserção da PPDOM na água já em ebulição. Seu segundo termopar (T2), também do tipo K, foi utilizado para registrar a temperatura ambiente inicial, a temperatura da água próxima à placa durante o aquecimento e a temperatura ambiente durante o resfriamento.

Para o aquecimento, um béquer com capacidade para 5000 ml foi preenchido com 4l de água. Dentro dele inseriu-se um ebulidor (Resiswal® 1000 W / 127 V), que foi então ligado e assim permaneceu até quando a água atingiu a temperatura de ebulição, em torno de 96,6 °C no laboratório do Instituto de Física de São Carlos (IFSC). Nesta condição o ebulidor foi desligado e retirado, a PPDOM inserida no béquer juntamente com os dois termopares (Figura 4.6), T1 internamente e T2 próximo a ela, acionou-se um cronômetro (Casio® Lap Memory 10) e iniciou-se o registro das temperaturas a cada 10 segundos.

Figura 4.6: PPDOM em aquecimento dentro do béquer com água quente

A PPDOM permaneceu na água quente durante 10 min. Após este período, com o auxílio de uma pinça, ela foi retirada, colocada sobre a bancada do laboratório e envolvida em duas toalhas de rosto 100% algodão (Artex®). T1 continuou registrando a temperatura interna da placa enquanto que T2 também foi retirado e passou a medir a temperatura do ar até o final do experimento. Nesta condição, o registro continuou sendo realizado por mais 50 min.

O procedimento foi repetido três vezes para cada espessura de PPDOM, sendo que somente um ensaio foi realizado por dia para garantir o completo resfriamento da placa e,

para que todos os testes ocorressem no mesmo período, foram realizados em horário aproximado, evitando assim variações significantes na temperatura ambiente.

Uma segunda etapa de testes foi realizada somente com a placa de 15 mm de espessura e neste caso o tempo de aquecimento foi aumentado para 15 min, sem modificação nos demais parâmetros.

4.2.3 Troca de Calor

O ensaio para verificação da troca de calor também consistiu de uma aplicação simulada, porém com algumas modificações da proposta inicial.

Primeiramente a PPDOM com espessura de 15 mm, selecionada de acordo com os resultados do teste anterior, foi preparada com a fixação do termopar em sua região central, exatamente como no teste de retenção de calor. O segundo termopar foi colado com fita crepe na pele do voluntário, na região do ombro (músculo trapézio superior), na posição de aplicação da placa após o aquecimento.

O aquecimento da placa ocorreu da mesma maneira que no teste anterior, e quando a PPDOM foi mergulhada na água iniciou-se o registro das temperaturas da placa e da pele do voluntário, ainda desacopladas, e também a cronometragem, seguindo os mesmos parâmetros da medida anterior.

Quando foram completados 10 min, a placa foi enrolada em uma toalha (sendo utilizado um envoltório de tecido de toalha Artex® 100% algodão, desenvolvido como um segundo revestimento da PPDOM, que será apresentado na seção 5.1.3) e colocada na região da aplicação. Ali ela permaneceu durante 50 min, com as temperaturas, tanto da pele do voluntário quanto da placa, sendo registradas a cada 10 segundos.

O teste foi repetido três vezes e a média dos dados foi utilizada na análise. Além disso, para evitar variações térmicas e também o reaquecimento da PPDOM, foi realizada uma medida por dia e todas foram iniciadas em horário próximo. Para certificar-se disso, a temperatura ambiente foi anotada no início e no final de cada ensaio. Todos os equipamentos utilizados neste ensaio, exceto o envoltório feito com tecido de toalha, foram os mesmos do teste de retenção de calor.

Foi realizada ainda uma segunda etapa de testes, utilizando os mesmos parâmetros apresentados acima, com modificação somente no tempo de aquecimento, que passou de 10 para 15 min.

4.2.4 Termogravimetria (TG)

A TG consiste de um ensaio no qual a massa de uma amostra do material é monitorada enquanto que sua temperatura é variada de modo controlado. Existem diferentes procedimentos no que diz respeito à massa da amostra, ao modo como a temperatura é variada e ao meio no qual o material é ensaiado, sempre dependendo do objetivo do teste.

Neste trabalho, a termogravimetria foi utilizada para avaliar a estabilidade térmica e a decomposição do polímero produzido, a fim de melhor caracterizar o material e, uma vez mais, assegurar que o mesmo não se modifica quando aquecido dentro dos parâmetros normais de trabalho da PPDOM.

Para tanto, foi utilizada uma amostra de 11,6 mg retirada da placa polimérica de 15 mm e pesada em uma balança analítica (Mettler Toledo®, modelo AE 240). O equipamento de TG utilizado foi o SDT Q600, da TA Instruments®, ajustado com os seguintes parâmetros:

- Aquecimento: razão de 10,000 °C/min até o máximo de 800,00 °C;
- Fluxo de ar sintético: 150 ml/min;
- Suporte da amostra: confeccionado em alumina;
- Duração do teste: 90 min.

Como resultado do ensaio obtém-se uma curva que mostra a variação percentual na massa da amostra em função da temperatura. Para melhor visualização dos eventos, é utilizada também a derivada desta curva (DTG), que explicita ainda mais as etapas de perda de massa.

4.2.5 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

Nesta técnica, uma pequena amostra do material em estudo é aquecida dentro de um calorímetro, ao mesmo tempo que uma amostra de referência, de um material com capacidade

térmica conhecida. As duas são mantidas à mesma temperatura controlada e o fluxo de calor entre elas é registrado durante todo o procedimento.

O resultado do teste é um gráfico do fluxo de calor pelo tempo ou pela temperatura da amostra. A análise desta curva permite examinar características do material, tais quais as transições vítreas, temperatura de fusão e de cristalização. Para a PPDOM, o objetivo foi a determinação das transições vítreas, que são intervalos de temperatura no qual o material polimérico muda de um estado semi-cristalino para outro amorfo. Nestes intervalos, observa-se uma mudança na linha de base no gráfico do DSC, que por estar relacionada a uma transição secundária envolve uma pequena quantidade de calor em relação às transições primárias (IONASHIRO, 2005).

Para o ensaio foi utilizado o equipamento DSC Q10 da TA Instruments® com suportes das amostras confeccionados em alumínio. O suporte de referência permaneceu vazio (ar), e a amostra da PPDOM com 4,6 mg. Aplicou-se fluxo de nitrogênio de 50 ml/min durante todo o ensaio, que teve duração de 30 min. Foram aplicados os seguintes parâmetros para ajuste da temperatura:

- Equilíbrio a -70,00 °C;
- Razão 1: 20,000 °C/min até -70,000 °C;
- Razão 2: 5,000 °C/min até 25,00 °C.

4.3 TESTES CLÍNICOS

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do HCFMRP através do parecer 11099/2008 (ANEXO A), e os dados foram coletados com o intuito de determinar, a partir da percepção dos voluntários, se a placa desenvolvida atinge as características de conforto e troca de calor desejáveis para a aplicação clínica.

Para tanto, foram selecionados 30 indivíduos adultos (entre 18 e 60 anos), independentemente do sexo ou condição social, que não possuíam alteração de sensibilidade ou do sistema nervoso central (SNC), com integridade da pele e que apresentavam boa comunicação e compreensão. Esta seleção foi feita por conveniência, utilizando voluntários que estavam nas imediações do IQSC, IFSC ou na área do Programa de Pós-Graduação

Interunidades em Bioengenharia, que aceitaram participar do teste, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A).

Para o ensaio, foi utilizada uma sala dos locais citados acima. O voluntário permaneceu sentado e a PPDOM, aquecida por 15 min em água inicialmente à temperatura de ebulição e revestida em seu envoltório, foi aplicada por 20 min na região do ombro/cervical (músculo trapézio superior) do lado direito. Depois disto, o voluntário preencheu, sem interferência do pesquisador, um questionário desenvolvido para este fim (APÊNDICE B) com o objetivo de identificar o voluntário e coletar sua opinião em relação ao conforto, temperatura, toque superficial na pele, peso, aparência e facilidade de aplicação da PPDOM. Nas respostas foi utilizada a escala de Likert, com pontuação de zero (0) a dez (10), onde o zero significa resposta negativa e dez positiva (LIKERT, 1932). Uma segunda parte possibilitou aos voluntários escreverem livremente suas opiniões a respeito da placa desenvolvida.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Durante o desenvolvimento de protótipos, toda a análise foi qualitativa e empírica, não se aplicando ferramentas matemáticas nem computacionais. Isto é válido em todas as fases desta etapa, contemplando também a avaliação inicial dos protótipos e a seleção do material de revestimento.

Para os testes de laboratório propostos, a abordagem foi a realização de pelo menos três medidas e o cálculo da média dos dados, exceto no caso do TG e do DSC, para os quais foram realizados somente uma medida. Nos outros casos os valores médios foram utilizados para análise ao invés das medidas isoladas, mitigando o efeito de erros aleatórios. O desvio padrão foi calculado e informado nas medidas relatadas no texto e também nos pontos relevantes dos gráficos apresentados.

A análise foi feita através de gráficos, sendo utilizados os de linha, quando o número de pontos amostrados é grande, e linha mais símbolo, nos outros casos. Todos os dados obtidos foram inseridos em tabelas e os gráficos foram gerados com a ajuda do software OriginPro 8®, da OriginLab® Corporation. Parte da discussão baseou-se somente na observação das curvas obtidas, porém alguns pontos relevantes foram localizados nas tabelas de dados para que se pudesse avaliar com maior precisão.

Para os testes clínicos, a análise foi realizada através de um questionário preenchido pelos voluntários. As repostas foram tabuladas e analisadas tanto numericamente quanto na forma gráfica, a fim de tentar avaliar parâmetros subjetivos. Além disso, as frases elaboradas livremente pelos voluntários no campo observações foram organizadas e avaliadas de modo que se pudesse utilizar seu conteúdo como forma de análise complementar aos resultados alcançados objetivamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção segue a mesma divisão em três partes apresentada anteriormente, na qual a seção 5.1 traz os resultados do desenvolvimento de protótipos, a seção 5.2 corresponde aos testes de laboratório e a seção 5.3 aos testes clínicos. Além dos dados obtidos, há também uma explanação analisando as informações que nos permitiram chegar às conclusões mostradas na sequência.

5.1 DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS

5.1.1 Fabricação das PPDOMs

No processo de desenvolvimento, buscou-se, a princípio, a obtenção de uma placa de 10 mm de espessura com boa qualidade e, posteriormente, produzir protótipos de 5 mm e 15 mm utilizando formulação igual ou parecida com a anterior.

Nesta etapa do projeto foi empregada uma fôrma de silicone menor (210 x 80 x 60 mm), a fim de reduzir o consumo de matéria-prima. Somente depois da seleção das formulações, na produção dos protótipos para as etapas seguintes, optou-se por uma fôrma de 220 x 180 x 60 mm, pois este tamanho permite melhor acoplamento na região do ombro (Figura 5.1).

Figura 5.1: Fôrmas grande (esq.) e pequena (dir.) utilizadas na produção das PPDOMs

Logo no primeiro protótipo produzido notou-se a formação de grande número de bolhas (Figura 5.2). Para reduzir este problema passou-se a utilizar dessecador e bomba de vácuo. O tempo de permanência no dessecador foi definido pela aparência da própria mistura, sendo que a mesma era retirada quando se observava redução nas bolhas. Existe, entretanto, um limite máximo de tempo de oito minutos entre o início da agitação e a colocação da mistura na fôrma, pois após este período a mesma começa a enrijecer e não é mais possível moldá-la corretamente.

Figura 5.2: PPDOM com grande número de bolhas

No total foram produzidos 17 protótipos com características diferentes, utilizando os resultados da avaliação subjetiva realizada pelos pesquisadores, até que fosse possível a fabricação de PPDOMs de três diferentes espessuras com bom potencial termoterápico (placas 18 a 23). Nas formulações, por sugestão dos membros do GQATP, além do poliol e do pré-polímero, foi utilizado um catalisador, código NP20. Esta substância ajuda a acelerar o processo de cura.

Dois dos protótipos selecionados, o de 10 mm e o de 15 mm, foram fabricados com a proporção 2,10:1,00 do poliol 442 : pré-polímero 249. Já para a PPDOM mais fina esta formulação não apresentou boa resistência mecânica. Foi então empregada a proporção 1,80:1,00 dos mesmos materiais. Todos eles utilizaram o catalisador NP20.

A Tabela 5.1 traz a lista completa das formulações utilizadas neste trabalho.

Tabela 5.1 – Formulações utilizadas na fabricação dos protótipos

Placa	Poliol	PP	Proporção Poliol:PP	Vácuo		Fôrma	Espessura (mm)	Observações
				(S/N)	t(min)			
1	NPL 11	249	1,50:1,00	Não	-	Pequena	3	-
2	NPL 107	249	1,30:1,00	Sim	3,0	Pequena	5	-
3	NPL 103	249	1,20:1,00	Sim	3,0	Pequena	5	-
4	NPL 103	249	1,20:1,00	Sim	3,0	Pequena	10	-
5	NPL 103	249	1,20:1,00	Sim	3,0	Pequena	10	-
6	NPL 103	249	1,20:1,00	Sim	3,0	Pequena	10	-
7	442	249	2,00:1,00	Sim	5,0	Pequena	10	-
8	442	249	1,85:1,00	Sim	5,0	Pequena	10	-
9	271	253	3,50:1,00	Sim	5,0	Pequena	10	-
10	442	253	3,50:1,00	Sim	5,0	Pequena	10	Catalisador NP20
11	442	249	2,20:1,00	Sim	4,0	Pequena	10	-
12	442	249	2,20:1,00	Sim	4,5	Pequena	10	Catalisador NP20
13	442	249	1,80:1,00	Sim	4,0	Pequena	10	Catalisador NP20
14	442	249	2,00:1,00	Sim	4,5	Pequena	10	Catalisador NP20
15	442	249	2,10:1,00	Sim	4,0	Pequena	10	Catalisador NP20
16	442	249	1,90:1,00	Sim	4,0	Pequena	10	Catalisador NP20
17	442	249	2,10:1,00	Sim	2,5	Pequena	15	Catalisador NP20

Observações: PP – Pré-Polímero; (S/N) – (Sim/Não); t(min) – Tempo em minutos

5.1.2 Avaliação dos Protótipos

Após a produção, todos os protótipos foram aprovados na avaliação empírica de consistência ao retirar da fôrma. Apesar de alguns já apresentarem sinais de que perderiam a forma com o aquecimento, optou-se por submetê-los ao teste seguinte.

No teste de aquecimento em água as placas 1 a 12, 14 e 16 foram eliminadas por apresentarem variação de consistência com a temperatura ou por perder a forma, como os exemplos da Figura 5.3.

Figura 5.3: Placas deformadas após o aquecimento

Das PPDOMs moldadas na fôrma pequena, as de número 15 e 17, seguidas pela de número 13 foram as que apresentarem melhores resultados, por isso, as placas grandes (18 a 23) foram produzidas utilizando formulações correspondentes a estas, sendo que nas de 5 mm, foi utilizada a formulação da placa 13.

Tabela 5.2 – Formulações utilizadas na fabricação das PPDOMs

Placa	Poliol	PP	Proporção Poliol:PP	Vácuo		Fôrma	Espessura (mm)	Observações
				(S/N)	t(min)			
18	442	249	2,10:1,00	Sim	5,0	Grande	10	Catalisador NP20
19	442	249	2,10:1,00	Sim	5,0	Grande	15	Catalisador NP20
20	442	249	1,80:1,00	Sim	5,0	Grande	5	Catalisador NP20
21	442	249	2,10:1,00	Sim	5,0	Grande	15	Catalisador NP20
22	442	249	2,10:1,00	Sim	5,0	Grande	10	Catalisador NP20
23	442	249	1,80:1,00	Sim	5,0	Grande	5	Catalisador NP20

Observações: PP – Pré-Polímero; (S/N) – (Sim/Não); t(min) – Tempo em minutos

As placas grandes, já revestidas, também passaram por este teste, tendo sido aprovadas, o que proporcionou verificar a capacidade do material de revestimento suportar a temperatura normal de trabalho da PPDOM.

5.1.3 Revestimento

Na seleção do material de revestimento, foram inicialmente avaliados alguns polietilenos, mas estes não se adequavam completamente às características esperadas. Optou-se então pelo filme de poliéster Wyda® vendido em formato de sacos com comprimento de

41 cm e 27 cm de largura. Este material, fornecido para uso culinário, é totalmente asséptico, não incandescente, não produz gases tóxicos, pode ser utilizado em forno convencional e microondas e pode ser utilizado em temperaturas de -80 °C até +200 °C.

As seis PPDOMs grandes (18 a 23) (duas de cada espessura e composição) foram revestidas por este material, que foi cortado no tamanho suficiente para envolver uma placa e, posteriormente, selado com o uso de equipamento apropriado (Figura 5.4). Estas placas passaram por todos os testes com o material de revestimento já aplicado, o que comprova a resistência do mesmo à temperatura de trabalho. As demais características não foram testadas, porém são aceitas as especificações fornecidas pelo fabricante, que demonstram que o material é adequado para uso neste trabalho.

Figura 5.4: Revestimento da PPDOM sendo selado

Para melhorar a aparência da PPDOM e facilitar ainda mais sua utilização foi desenvolvido um segundo revestimento, um envoltório, que substitui a toalha utilizada pelos pacientes para enrolar a placa durante a aplicação. Trata-se de uma toalha (Artex®, 100% algodão) cortada e costurada no formato de fronha, no tamanho (210 x 260 mm) para que a PPDOM possa ser inserida em seu interior (Figura 5.5). Acredita-se que este envoltório possa aumentar a aceitação da placa, além de manter a temperatura de aplicação mais controlada, pois não ocorre variação no número de camadas entre a placa e a pele.

Figura 5.5: Envoltório produzido a partir de toalhas de banho

5.2 TESTES DE LABORATÓRIO

5.2.1 Aplicação Simulada

Neste teste o termopar foi fixado na parte superior da PPDOM e não na interface com a pele do voluntário. Os dois gráficos obtidos a partir dos dados coletados (Figura 5.6 e Figura 5.7) podem levar à conclusão errônea que a placa de 10 mm tem desempenho parecido com a de 15 mm e, portanto, por consumir menos matéria-prima, poderia ser a escolha mais eficiente.

Figura 5.6: Temperatura superficial das PPDOMs durante a aplicação simulada
Observação: Temperatura Ambiente Média – $27,7 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Figura 5.7: Temperatura superficial normalizada das PPDOMs durante a aplicação simulada
Observação: Temperatura Ambiente Média – $27,7 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Se analisarmos, entretanto, a equação (1), pág. 28, considerando que as PPDOMs têm calor específico iguais ou próximos, podemos concluir que a capacidade calorífica das placas depende unicamente de suas massas. Portanto, se a capacidade calorífica da placa de 5 mm for C_5 , a da placa de 10 mm será duas vezes C_5 e a da placa de 15 mm será três vezes C_5 .

Podemos compreender o fato das três placas atingirem temperaturas máximas próximas (Figura 5.6) se considerarmos que, ao deixá-las no béquer, a tendência é que haja troca de calor com a água até o equilíbrio térmico. Quanto mais grossa a placa, menor deveria ser a temperatura de equilíbrio, pois a massa fria inserida na água quente é maior. Porém, devido à grande capacidade calorífica da água, este fator (massa) não deve interferir muito na etapa de aquecimento. Assim, podemos desconsiderar a pequena diferença na temperatura inicial e analisarmos a troca de calor com a pele através do gráfico normalizado (Figura 5.7).

O decaimento da temperatura deveria ser proporcional à capacidade calorífica, entretanto não é o que mostram os gráficos. Podemos explicar esta situação pelo fato da placa mais grossa não ter armazenado toda a energia térmica que poderia manter. Se o tempo de aquecimento fosse maior, a curva da PPDOM de 15 mm teria se deslocado para cima em relação às demais.

Esta hipótese pode ser comprovada avaliando o gráfico gerado no próximo ensaio (Figura 5.8). Nele, as placas foram monitoradas durante o aquecimento utilizando termômetro com memória. É possível observar, considerando somente os dez minutos iniciais, que

correspondem ao aquecimento, que as placas de 5 e 10 mm atingem o máximo aquecimento e passam a sofrer uma queda constante de temperatura, que corresponde à troca de calor da água com o ambiente. Já a curva da placa de 15 mm ainda está subindo quando é encerrado o período de aquecimento, ou seja, se a PPDOM permanecesse mais tempo na água atingiria uma temperatura mais alta e teria mais energia térmica armazenada.

Estes resultados só foram alcançados após o monitoramento da temperatura da placa durante o aquecimento, o que não foi proposto na metodologia da aplicação simulada. Além disto, a obtenção de dados significantes neste teste foi limitada pelo posicionamento do termopar na parte superior da PPDOM. Com isso, não foi possível conseguir informações sobre a temperatura da pele do voluntário, que é a variável mais importante na determinação da qualidade termoterápica da placa. Por isso, este ensaio foi descartado e propôs-se nova metodologia, correspondendo ao teste de troca de calor.

5.2.2 Retenção de Calor

Segundo a padronização já descrita, os dados são apresentados considerando a média e o desvio padrão das medidas obtidas em cada espessura de placa, como mostra a Figura 5.8.

Figura 5.8: Temperatura das PPDOMs durante o primeiro teste de retenção de calor

Observação: Temperatura Ambiente Média – 21,0 ± 0,7 °C

Legenda: T_i – Temperatura Inicial; T_{max} – Temperatura Máxima; T_f – Temperatura Final

Observando as curvas podemos notar que a PPDOM de 15 mm é a que possui maior inércia térmica, ou seja, demora mais para aquecer, mas também retém o calor por um tempo maior. Isto está de acordo com a teoria, pois considerando calor específico igual ou parecido para todas as placas, o único fator que interfere na capacidade térmica é a massa.

Um dado importante nas figuras acima é que a temperatura da PPDOM de 5 mm cai abaixo de 40 °C em menos de 15 min após ter sido retirada da água ($t = 24,5$ min). Isso mostra que esta placa não é capaz de exercer função termoterápica e, por isso, foi excluída do restante do trabalho.

Já a placa de 10 mm, apesar de reter o calor por tempo razoável, apresentou temperatura de aplicação acima dos 80 °C desejados, podendo com isto causar lesões na pele e sendo, portanto, também desqualificada para o restante dos trabalhos.

Por outro lado, a placa de 15 mm mostrou aptidão para uso em termoterapia, pois conseguiu manter temperatura superior a 40 °C por mais de 40 min após ser retirada da água (30 min seriam suficientes), não atingiu temperatura de aplicação excessiva, chegando somente a $77,0 \pm 2,5$ °C, além de apresentar curva de decaimento menos inclinada, o que garante menor variação de temperatura durante a aplicação, podendo com esta característica melhorar o conforto do indivíduo.

Os dados foram tratados da mesma forma no segundo ensaio de retenção de calor, realizado somente com a placa de 15 mm. Neste caso o tempo de aquecimento ótimo, de 15 min, foi estimado pela observação da Figura 5.8. Nela, a curva de aquecimento da placa de 5 mm mostra que após o pico da temperatura, esta decai de maneira aproximadamente linear, correspondendo à troca de calor do conjunto placa mais água com o meio ambiente. Extrapolando a reta, veremos que aos 15 min do ensaio, a temperatura deveria estar pouco acima de 80 °C. Na mesma figura, a curva de aquecimento da placa de 15 mm sugere que se a mesma fosse aquecida por 15 min, a temperatura final seria também próxima de 80 °C. Ou seja, este seria o tempo ideal para transferir à PPDOM a máxima quantidade possível de calor sem prolongar demais o aquecimento, o que poderia dificultar sua utilização doméstica e clínica.

Neste ensaio foram realizadas seis medidas, sempre com a placa de 15 mm, e a média dos dados foi utilizada na geração do gráfico da Figura 5.9. Como esperado, a temperatura

máxima foi de $80,2 \pm 0,3$ °C, aos 12,7 min de aquecimento, sendo que aos 15 min, o valor já havia caído para $79,7 \pm 0,4$ °C, dentro da faixa ideal de uso.

Figura 5.9: Temperatura da PPDOM de 15 mm durante o segundo teste de retenção de calor

Observação: Temperatura Ambiente Média – $22,6 \pm 2,1$ °C

Legenda: T_i – Temperatura Inicial; T_{max} – Temperatura Máxima; T_f – Temperatura Final

Além disso, comparando este gráfico com o da placa de 15 mm na Figura 5.8, podemos notar o efeito da maior quantidade de calor armazenada. Agora a temperatura final, após 50 min fora da água, foi de $46,3 \pm 2,4$ °C, contra $43,9 \pm 1,5$ °C. Ou seja, a placa foi capaz de manter valores acima da temperatura clínica ideal (40 °C) durante todo o tempo de observação depois de retirada da água.

5.2.3 Troca de Calor

O teste de troca de calor foi realizado somente com a PPDOM de 15 mm. Calculou-se a média dos três ensaios realizados e os valores resultantes foram utilizados na confecção do gráfico apresentado na Figura 5.10.

Figura 5.10: Temperatura da pele e da PPDOM de 15mm durante o primeiro teste de troca de calor

Observação: Temperatura Ambiente Média – $20,5 \pm 0,8$ °C

Legenda: T_i – Temperatura Inicial; T_{max} – Temperatura Máxima; T_f – Temperatura Final

Analisando a curva da temperatura da PPDOM, vemos que ocorre aquecimento nos dez primeiros minutos até que se atinge valor máximo de $80,1 \pm 0,4$ °C. Quando a placa é retirada da água (em $t = 10,0$ min) ocorre uma queda brusca na temperatura, decorrente do contato com o ar e com a pele ainda fria do voluntário, que é aquecida rapidamente nos primeiros 4 min (até $t = 14,0$ min) de aplicação. Depois disso, o decaimento da temperatura da placa é mais lento e quase linear.

A temperatura da pele do voluntário (Figura 5.11), que é um dado relevante neste ensaio, visando à aplicabilidade segura do recurso terapêutico, sofre elevação rápida nos primeiros quatro minutos de contato com a PPDOM ($10 < t < 14$ min), sendo que em aproximadamente 4 min ($t = 14,1$ min) é ultrapassado o valor terapêutico de 40 °C. Dez minutos após o início da aplicação ($t = 20,0$ min) é atingido o pico, de $41,7 \pm 0,5$ °C. A partir daí ocorre um lento decaimento, sendo que 40 °C voltam a ser alcançados por volta de 27 min de aplicação ($t = 36,8$ min).

Figura 5.11: Temperatura da pele durante o primeiro teste de troca de calor

Observação: Temperatura Ambiente Média – $20,5 \pm 0,8 ^\circ\text{C}$

Legenda: T_i – Temperatura Inicial; T_{max} – Temperatura Máxima; T_f – Temperatura Final

Na Tabela 5.3 é apresentada a comparação entre os valores obtidos neste ensaio com os requisitos desejados para o mesmo. Todos os valores esperados foram alcançados, com exceção da temperatura de aplicação, que fica um pouco acima da desejada, porém sem comprometer a aplicação da PPDOM na pele. O tempo de retenção do calor foi suficiente para obtenção de efeito terapêutico por 27 min, porém seria interessante manter o calor por até 30 min, como utilizado em algumas aplicações.

Tabela 5.3 – Comparação dos requisitos com os resultados do primeiro teste de troca de calor

Característica	Valores Desejados	Valores Medidos
Temperatura de aplicação	70 a 80 °C	$80,1 \pm 0,4 ^\circ\text{C}$
Temperatura máxima da pele	45 °C	$41,7 \pm 0,5 ^\circ\text{C}$
Temperatura terapêutica	40 °C	Mantida por 22,7 min
Tempo de retenção da temperatura	Pelo menos 20 min	26,8 min

Avaliando o resultado, tentou-se melhorar estes dois parâmetros com o aquecimento da PPDOM por um período maior de tempo. A hipótese foi de que isto provocaria o armazenamento de maior quantidade de calor, levando à retenção da temperatura por mais tempo. E, apesar da tendência da temperatura de aplicação subir ainda mais, seria possível encontrar um tempo de aquecimento em que isto fosse compensado pela perda de calor da água para o ambiente. Assim, seria possível retirar a placa da água quando ambas,

provavelmente já em equilíbrio térmico, estivessem com temperatura próxima de 80 °C. Por isso foi realizada a segunda etapa de testes de retenção e troca de calor utilizando o tempo de aquecimento de 15 min, determinado para o segundo teste de retenção de calor.

Com o aquecimento de 15 min o procedimento foi repetido três vezes em dias diferentes e calculou-se a média e o desvio padrão dos dados obtidos. Estas informações permitiram a elaboração do gráfico apresentado na Figura 5.12. Em comparação com a Figura 5.10, podemos notar que a temperatura da placa alcançou valor mais elevado no aquecimento, apresentou decaimento menos acentuado nos primeiros 3 (t = 18,0) minutos de contato com a pele e depois decaiu de maneira linear, como ocorreu anteriormente, porém sempre mantendo valores mais elevados.

Figura 5.12: Temperatura da PPDOM de 15 mm e da pele durante o segundo teste de troca de calor

Observação: Temperatura Ambiente Média – 26,1 ± 1,5 °C

Legenda: T_i – Temperatura Inicial; T_{max} – Temperatura Máxima; T_f – Temperatura Final

Ao compararmos a temperatura da pele (Figura 5.13), ficam ainda mais evidentes as vantagens da maior quantidade de calor armazenada na placa. Após o contato com a pele, em 3,0 min (t = 18,0 min) é atingida a temperatura terapêutica, de 40 °C. O valor máximo, de 42,6 ± 0,4 °C é atingido por volta dos dez minutos após a aplicação (t = 24,8 min) e a temperatura é mantida acima dos 40 °C até trinta e dois minutos após o contato com a pele (t = 47,5 min).

Figura 5.13: Temperatura da pele durante teste de troca de calor

Observação: Temperatura Ambiente Média – $26,1 \pm 1,5$ °C

Legenda: T_i – Temperatura Inicial; T_{max} – Temperatura Máxima; T_f – Temperatura Final

Na Tabela 5.4 são comparados os valores desejados com os obtidos nos dois testes de troca de calor. Pode-se observar que houve pequeno aumento na temperatura de aplicação, que já estava ligeiramente acima da desejada, em compensação todos os outros parâmetros melhoraram sensivelmente, em especial o tempo de retenção de temperatura, que agora ficou acima dos 30 min, valor máximo utilizado nos tratamentos termoterápicos padrão. Com isto, demonstra-se que a PPDOM atinge os parâmetros necessários para ser utilizada em termoterapia superficial, além de comprovar que o tempo de aquecimento de 15 min é totalmente adequado à sua aplicabilidade clínica.

Tabela 5.4 – Comparação dos requisitos com os resultados dos testes de troca de calor

Característica	Valores Desejados	Primeiro Teste (10 min. aquecimento)	Segundo Teste (15 min. aquecimento)
Temperatura de aplicação	70 a 80 °C	$80,1 \pm 0,4$ °C	$80,9 \pm 0,9$
Temperatura máxima da pele	45 °C	$41,7 \pm 0,5$ °C	$42,6 \pm 0,4$
Temperatura terapêutica	40 °C	Mantida por 22,7 min	Mantida por 29,5 min
Tempo de retenção da temperatura	Pelo menos 20 min	26,8 min	32,5 min

5.2.4 Termogravimetria

Foi realizado um ensaio e os resultados estão demonstrados na Figura 5.14.

Figura 5.14: Curva TG/DTG da placa obtidas sob atmosfera dinâmica de N₂

Através da observação das curvas TG e DTG, podemos identificar alguns eventos, que são sumarizados na Tabela 5.5. A perda de massa do evento 1 está relacionada a possível umidade absorvida durante o teste de retenção de calor. Os eventos mais relevantes são os de número 2, 3 e 4. O evento 2 corresponde a primeira decomposição, na qual são perdidos 49,4% da massa total, e que se dá entre 188 °C e 393 °C. Este evento pode estar relacionado a decomposição do isocianato. Em seguida, ocorre a segunda decomposição, com perda de 23,3 % da massa e encerramento aos 498 °C. Nesta temperatura inicia-se a terceira e última decomposição, que se mantém até os 657 °C, na qual são perdidos 17,4 % da massa. Os eventos 3 e 4 podem estar relacionado a decomposição do poliol. Já no de número 5 ocorre pequena perda de massa, devido a material residual (CLARO NETO, 1997).

Tabela 5.5 – Eventos observados no teste de termogravimetria

Evento	Intervalo de temperatura (°C)	Perda de Massa (%)
	T. amb – 74	----
1	74 – 188	2,2
2	188 – 393	49,4
3	393 – 498	23,3
4	498 – 657	17,4
5	657 – 800	6,1

É possível, a partir destes resultados, verificar a estabilidade do material até valores acima da temperatura de trabalho da placa, que não passa de 100 °C. Ou seja, pode-se afirmar, que o polímero desenvolvido não se decompõe quando aquecido nas condições normais de uso. Este teste confirma o que havia sido observado empiricamente na avaliação dos protótipos desenvolvidos.

5.2.5 Calorimetria Exploratória Diferencial

Os dados obtidos no ensaio realizado foram utilizados na geração de uma curva, na qual a descontinuidade da linha de base identifica o ponto onde ocorre a transição vítrea. O gráfico resultante é apresentado na Figura 5.15.

Figura 5.15: Curva DSC da placa

Analisando a curva, podemos observar a descontinuidade mais próxima da faixa de trabalho iniciando em $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ e estendendo-se até $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, onde observamos uma tendência da curva em refazer a linha de base. Considerando o valor médio entre as tangentes nos pontos de mudança da linha de base, encontramos a temperatura de transição vítrea de $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Isto mostra que a placa na faixa de trabalho, que vai de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, está acima da temperatura de transição vítrea, garantindo sua flexibilidade durante a aplicação. Por outro lado, o resultado sugere que, para uso crioterápico, no qual a temperatura de trabalho poderia chegar a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, o polímero pode enrijecer-se, impedindo sua utilização normal. Este trabalho, entretanto, não previa este uso, ficando a sugestão de melhor avaliação em atividades futuras.

5.3 TESTES CLÍNICOS

Dos 30 voluntários selecionados para os testes clínicos, 66,6% (20) eram do sexo feminino e 33,3% (10) masculino, com idade variando entre 20 a 55 anos conforme apresentado na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Sexo, idade e quantidade de voluntários

	Homens	Mulheres	Geral
Número de voluntários	10	20	30
Voluntário mais novo (anos)	20	20	20
Voluntário mais velho (anos)	54	55	55
Média de idade (anos)	$35,7 \pm 12,0$	$31,0 \pm 9,3$	$32,6 \pm 10,3$

Para a análise dos dados referentes às notas dos voluntários às características da PPDOM, foi registrado o número de respostas obtidas nas questões de A a H e preenchida a Tabela 5.7. As observações dos voluntários, preenchidas livremente, foram organizadas e são apresentadas no ANEXO A.

Tabela 5.7 – Respostas dos voluntários às questões do formulário

Item	Característica	Nota – Número de atribuições recebidas											Nota Média	Desvio Padrão
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	Conforto	0	0	0	0	0	0	0	2	4	5	19	9,4	0,9
B	Temperatura	0	0	0	0	0	0	0	1	3	9	17	9,4	0,8
C	Tempo de resfriamento	0	0	0	0	0	1	1	0	4	4	20	9,3	1,3
D	Toque superficial	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	22	9,6	0,6
E	Aparência	0	0	0	0	1	3	1	4	7	4	10	8,2	1,8
F	Peso	0	0	0	0	3	4	0	5	5	8	5	7,2	2,0
G	Facilidade de aplicação	0	0	0	0	0	0	1	3	1	4	21	9,4	1,1
H	Sensação	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	21	9,5	0,8

Neste trabalho foram considerada as notas de 8 a 10 como aspectos positivos, de 5 a 7 neutros e de 0 a 4 aspectos negativos. A exceção fica por conta da questão F, relativa ao peso da PPDOM. Para esta questão, notas de 0 a 4 foram consideradas indicativas de que a placa é pesada, de 5 a 7 considera-se que o peso é médio e notas de 8 a 10 indicam que a placa é leve. Cada questão foi analisada estatisticamente e os resultados estão demonstrados através das Figuras 5.16 a 5.26.

Figura 5.16: Avaliação dos voluntários a respeito do conforto proporcionado pela PPDOM

Nas observações dos voluntários, oito deles (26,7 %) afirmaram ter considerado a PPDOM confortável e somente um (3,3 % do total) relatou “um pequeno desconforto devido ao posicionamento da aplicação”.

Figura 5.17: Avaliação dos voluntários a respeito da temperatura da PPDOM

Em concordância com as repostas obtidas na questão B, não foram identificadas observações negativas a respeito da temperatura da PPDOM, mas sim relatos de que a temperatura é agradável, não queima a pele, é capaz de provocar relaxamento com a elevação da temperatura, entre outros.

Figura 5.18: Avaliação dos voluntários a respeito do tempo de resfriamento da PPDOM

Quanto ao tempo de resfriamento vários voluntários comentaram o fato da placa não perder temperatura rapidamente, permanecendo aquecida por um longo período. Um deles citou que “outras bolsas não mantêm a temperatura por muito tempo”.

Figura 5.19: Avaliação dos voluntários a respeito do toque superficial da PPDOM

Em relação ao toque superficial, quatro voluntários descreveram a placa como agradável e um a classificou de aconchegante. Não houve comentários negativos.

Figura 5.20: Avaliação dos voluntários a respeito da aparência da PPDOM

A aparência não recebeu comentários positivos. Os voluntários citaram o fato da PPDOM ser “um pouco feia”, “estranha” e apresentar aspecto de fragilidade. Eles também sugeriram a utilização de revestimento mais espesso e menos transparente.

Figura 5.21: Avaliação dos voluntários a respeito do peso da PPDOM

Os voluntários divergiram a respeito do peso da PPDOM. Nas observações, houve quem a definisse como “extremamente leve” e também quem a considerasse “um pouco pesada”. Também quanto ao conforto proporcionado pelo peso houve certa discordância, apesar da maioria das frases trazer mensagens positivas: “A placa é bem confortável quanto ao peso”; “O peso é super confortável”; “O peso da placa pode gerar certo desconforto dependendo da região em que for aplicada”.

Figura 5.22: Avaliação dos voluntários a respeito da facilidade de aplicação da PPDOM

Nas frases apresentadas, os voluntários declararam ter considerado a PPDOM prática, cômoda e fácil de usar, o que reforça as notas obtidas na questão G. Para esta avaliação, apesar de não terem realizado a aplicação sozinhos, os voluntários observaram o método de aquecimento e o modo de utilização da PPDOM, estando, portanto, aptos a opinarem.

Figura 5.23: Avaliação dos voluntários a respeito da sensação durante a aplicação da PPDOM

O acoplamento também foi elogiado nas observações livres dos voluntários, com frases como: “Gostei muito da acomodação uniforme da placa”; “A placa adere bem na região do corpo onde é aplicada” e “A placa posiciona-se melhor que as bolsas de gel”. Sobre este assunto, todas as frases foram positivas.

A análise das respostas dos voluntários mostra que, em geral, existe aceitação da PPDOM. Das oito perguntas, A a H, seis obtiveram somente notas acima de 5 e apresentaram média acima de 9. Dois itens, aparência e peso, obtiveram média inferior aos demais, $8,2 \pm 1,8$ e $7,2 \pm 2,0$, respectivamente.

No caso da aparência, uma sugestão para futuros trabalhos é a utilização de material de revestimento opaco, em substituição ao filme de poliéster transparente. Dependendo do material selecionado, seria possível ainda aplicar cores, imagens e até mesmo informações ao usuário.

Já em relação ao peso, as observações dos voluntários mostram que, apesar de alguma controvérsia, a maioria o considera adequado. Além disto, modificar este parâmetro poderia afetar outros fatores, como a capacidade térmica e o acoplamento com o corpo, influenciando quesitos avaliados como o toque superficial, o conforto e a sensação.

Algumas das sugestões colhidas dizem respeito a fabricação da placa em outros formatos. Esta é uma idéia válida e o material desenvolvido provavelmente permite sua execução, dependendo somente da seleção da fôrma apropriada. Com isto, é possível em

trabalhos futuros, o desenvolvimento de PPDOMs adequadas para utilização em diversas partes do corpo.

Outra frase que merece destaque é a que aponta a vantagem da utilização do envoltório externo, por este poder ser retirado e lavado, o que é um aspecto higiénico.

6 CONCLUSÕES

As atividades realizadas permitiram o desenvolvimento de uma placa polimérica derivada de óleo de mamona para aplicação em termoterapia.

As características da PPDOM desenvolvida são:

- Dimensões de 220 x 180 x 15 mm;
- Revestida por filme de poliéster que possibilita a higienização;
- Possui envoltório lavável para inserção da placa no momento da aplicação confeccionado com tecido de toalha de algodão;
- Capacidade de retenção de calor durante a aplicação clínica acima de 40 °C, que é a temperatura mínima para utilização termoterápica, por 32,5 min;
- Temperatura de aplicação de $80,1 \pm 0,8$ °C após 15 min de aquecimento em água inicialmente à temperatura de ebulição, 0,1 °C acima do desejado, porém sem causar lesões na pele quando aplicada dentro do envoltório de algodão;
- Temperatura máxima da pele durante a aplicação de $42,6 \pm 0,4$ °C, dentro da faixa terapêutica, que varia de 40 a 45 °C;
- Temperatura da pele após 30 min de aplicação, tempo máximo nas aplicações termoterápicas típicas, de $40,2 \pm 0,1$ °C, acima da temperatura terapêutica mínima;
- Apresenta os primeiros sinais de decomposição a partir dos 188 °C, acima da faixa de trabalho, que vai de 0 a 100 °C;
- Não apresenta transições vítreas na faixa de trabalho para termoterapia por adição, mas sim por volta de -21 °C, o que pode inviabilizar seu uso em crioterapia;
- Especificações de uso: deve ser aquecida durante 15 min em água quente (ferver a água, desligar o fogo e colocar a placa dentro do recipiente por 15

min). Ao término deste tempo, enxugar a PPDOM, colocá-la no envoltório e aplicar no local desejado.

A PPDOM foi bem aceita pelos voluntários que participaram do estudo, tendo sido avaliados aspectos subjetivos como conforto, toque superficial, tempo de resfriamento e facilidade de aplicação. Foi apontada somente a aparência como característica a ser melhor trabalhada no futuro.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sugere-se para trabalhos futuros a seleção de outro material de revestimento, que atenda aos mesmos requisitos abordados neste trabalho e que melhore a questão da aparência, apontada pelos voluntários como ponto fraco da PPDOM. Seria importante verificar se a pigmentação ou a espessura do material não influenciam em características térmicas relevantes para a utilização da placa.

A utilização do polímero desenvolvido para a produção de recursos com outros formatos, apropriados para aplicação em outras regiões do corpo também é sugerida. Alguns aspectos importantes neste estudo são a massa e a espessura do recurso produzido, que afetam a quantidade de calor que pode ser armazenada.

Outra possível tarefa seria a avaliação de outros métodos de aquecimento da PPDOM, em especial o forno de microondas, que poderia reduzir o tempo gasto neste processo.

Seria interessante também a realização de testes comparativos da PPDOM com outros recursos utilizados em termoterapia por adição, verificando fatores de desempenho tais quais o tempo de retenção de calor, a temperatura inicial de aplicação e a temperatura da pele após 30 min de aplicação.

Por último, sugere-se a realização de trabalhos que busquem a avaliação da eficácia da PPDOM desenvolvida no tratamento termoterápico de determinadas patologias.

REFERÊNCIAS*

- ALBUQUERQUE, M. C. G. et al. Properties of biodiesel oils formulated using different biomass sources and their blends. **Renewable Energy**, Amsterdam, v. 34, p. 857-859, 2009.
- AGNE, J. E. **Eletrotermoterapia: teoria e prática**. Santa Maria: Palloti, 2004. 365 p.
- ALLEN, R. J. Physical agents used in the management of chronic pain by physical therapists. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, Amsterdam, v. 17, p. 315-345, 2006.
- ARAÚJO, L. M. Fisioterapia equina: termoterapia, modalidades de frio e calor utilizados no tratamento e na reabilitação de equinos. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 4, n.4, p. 57-64, out./dez. 2006.
- BARNES, D. J., BALDWIN, B. S., BRAASCH, D. A. Degradation of ricin in castor seed meal by temperature and chemical treatment. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, p. 1-7, 2008.
- BELANGER, A. Y. **Evidence based guide to therapeutic physical agents**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002. 445 p.
- BEHREM B. J.; MICHLOVITZ, S. L. **Physical agents: theory and practice**. 2nd ed. Philadelphia: F.A. Davis Company, 2005. 274 p.
- BISSEL, J.H.; PUEBLO, C. O. Therapeutic modalities in hand surgery. **The Journal of Hand Surgery**, Amsterdam, v. 24, n. 3, p. 435-448, May. 1999.
- CAMERON, M. H. **Agentes físicos na reabilitação: da pesquisa à prática**. 3 ed. Brasil: Elsevier, 2009. 440 p.
- CARBOGEL. Disponível em: <<http://www.carbogel.com.br/produtos/Gelbag.htm>>. Acesso em: 28 maio 2009.
- CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, M. M. P.; LIMA, E. M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 89-120.
- CLARO NETO, S. **Caracterizações físico-química de um poliuretano derivado de óleo de mamona utilizado para implantes ósseos**. 1997. 127 f. Tese (Doutorado em Ciências – Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.
- COCHRANE, D. J. Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review. **Physical Therapy in Sport**, Amsterdam, v.5, n. 1, p. 26-32, 2004.

* De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:informação e documentação: referências: elaboração**. Rio de Janeiro, 2002.

COLLINS, K. Efeitos térmicos. In: KITCHEN, S.; BAZIN, S. **Eletroterapia de Clayton**. 10. ed. São Paulo: Manole, 1998. Cap. 6, p. 89-104.

COSTA, T. L. **Características físicas e físico-químicas do óleo de duas cultivares de mamona**. 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

DI DOMENICA, F. et al. Physical and rehabilitative approaches in osteoarthritis. **Seminars in Arthritis and Rheumatism**, Amsterdam, v. 34, n. 6, p. 62-69, 2005.

ELASTOGEL. Disponível em: <<http://elastogel.biz/product/ELASTOGEL-HC804-Universal-Hot-Cold-Pack.htm>>. Acesso em: 27 jan. 2009.

FERREL, B. R. Patient education and nondrug interventions. In: FERREL, B. R., FERREL, B. A., **Pain in the elderly**. Scattle: IASP Press, 1996. p. 35-44.

FREITAS, A. M.; FREDO, A. E. Biodiesel à base de óleo de mamona: algumas considerações. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 37-42, jan. 2005.

GLOTH, M, J.; MATESI, A. M. Physical therapy and exercise in pain management. **Clinics In geriatric Medicine**. Amsterdam, v. 17, n. 3, p. 525-535, Aug. 2001.

HURLEY, M. V.; BEARNE, L. M. Non-exercise physical therapies for musculoskeletal conditions. **Best Practice & Research Clinical Rheumatology**, Amsterdam, v. 22, n. 3, p. 419-433, 2008.

IONASHIRO, M. **Fundamentos da termogravimetria, análise térmica diferencial, calorimetria exploratória diferencial**. São Paulo: Giz Editorial e Livraria Ltda, 2005. v. 1, 82 p.

JOHNSON, L.; KITCHEN, S. Calor e frio: métodos de condução. In: KITCHEN, S.; BAZIN, S. **Eletroterapia de Clayton**. 10. ed. São Paulo: Manole, 1998. Cap. 9, p. 123-136.

LARANJEIRA, M. G. et al. Implantes de resina de poliuretana vegetal (*Ricinus communis*) na tração linear, fixação e fusão vertebral no cão: estudo experimental. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Araçatuba, v. 56, n. 5, p. 602-609, fev. 2004.

LCHAMANN, J. F.; LATCUR, B. J. Ultrasoung, shortwave, microwave, superficial heat and cold in the treatment of pain. In: WALL, P. D., MELZACK, R. **Textbook of pain**. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1989. p. 932-941.

LEHMANN, J. F.; LATEUR, B. J. Therapeutic Heat. In: LEHMANN, J. F. **Therapeutic heat and cold**. 3rd ed, Baltimore: Williams & Wilkins, 1984a. Cap. 10, p. 404-452.

LEHMANN, J. F.; LATEUR, B. J. Diatermia e terapia pelo calor e frio superficiais. In: KOTTKE, F. J.; STILLWELL, G. K.; LEHMANN, J. F. **Tratado de Medicina Física e Reabilitação de Krusen**. 3. ed. São Paulo: Malone, 1984b. Cap. 13, p. 281-359.

LEITE, F. A. **Desempenho térmico, mecânico e clínico de material à base de polímero derivado do óleo de mamona para confecção de órteses e comparação com outro material existente no mercado.** São Carlos. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

LICHT, S. History of therapeutic heat and cold. In: LEHMANN, J. F. **Therapeutic heat and cold.** 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1984. Cap. 1, p. 1-34.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychobiology**, New York, v.22, n. 140, p. 1-55, 1932.

LIN, T. Y. **Distrofia simpático-reflexa e causalgia:** estudo clínico e terapêutico. São Paulo. 1995. 307 f. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

KAZIYAMA, H. H. S.; IMAMURA, S. T.; PASTOR, E. M. H. Terapêutica da dor pelos meios físicos. In: **Dor: diagnóstico e tratamento.** São Paulo: Roca, 2001. Cap. 9, p. 101-115.

KREITH, F. **Princípios da transmissão de calor.** São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 539 p.

MARIA et al. Poliuretano de mamona (*Ricinus Communis*) para desvio da crista tibial no cão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 821-827, May-June. 2004.

OGUNNIYI, D. S. Castor oil: a vital industrial raw material. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 97, p. 1086-1091, 2006.

OOSTERVELD, F. G. J.; RASKER, J. J. Treating arthritis with locally applied heat or cold. **Seminars in Arthritis and Rheumatism**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p.82-90, Oct. 1994.

SAMPAIO, L. R.; MOURA, C. V.; RESENDE, M. A. Recursos terapêuticos no controle da dor oncológica: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 51, n.4, p. 339-346, jun. 2005.

SANTOS, W. N. Aplicação da técnica de fio quente na determinação das propriedades térmicas de polímeros fundidos. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 15, n. 4, p. 289-295, 2005.

SANTOS, W. N.; GREGORIO FILHO, R. Método de fio quente na determinação das propriedades térmicas dos polímeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 14, n. 5, p. 354-359, 2004.

STARKEY, C. **Recursos terapêuticos em fisioterapia.** Barueri: Manole, 2001. 421 p.

SILVESTRE FILHO, G. D. **Comportamento mecânico do poliuretano derivado de óleo de mamona reforçado por fibra de carbono:** contribuição para o projeto de hastes de implante de quadril. 2001. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

SCHOLZ, V.; SILVA, J. N. Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel. **Biomass and bioenergy**, Amsterdam, v. 32, p. 95-100, 2008.

TROVATI, G. et al. Characterization of polyurethane resins by FTIR, TGA, and XRD. **Journal of Applied Polymer Science**, Estados Unidos, v. 115, n.1, p. 263-268, 5 Jan. 2010. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/122578511/PDFSTART>> Acesso em: 08 fev. 2010.

TIPLER, P. A. **Física**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. v. 1, 514 p.

VILAR, W. **Química e Tecnologia de Poliuretanos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria, 2004. 400 p.

VLIELAND, T. P. M. V. Rehabilitation of people with rheumatoid arthritis. **Best Practice & Research Clinical Rheumatology**, Amsterdam, v. 17, n. 5, p. 847-861, 2003.

YENG, L. T. et al. Medicina física e reabilitação em doentes com dor crônica. **Revista de Medicina**, São Paulo, ed. esp. pt. 2, v. 80, p. 245-255, 2001.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE REABILITAÇÃO DO HOSPITAL DAS CLÍNICAS

**APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO**

Consentimento formal de participação no estudo intitulado “Desenvolvimento e Avaliação de Placa Polimérica Derivada de Óleo de Mamona para Termoterapia”.

Pesquisadora Responsável: Fabíula Barbosa Machado dos Santos.

Orientadora Responsável: Profa. Dra. Valéria Meirelles Carril Elui.

O Sr.(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa “Desenvolvimento e Avaliação de Placa Polimérica Derivada de Óleo de Mamona para Termoterapia”. Este estudo tem o objetivo testar uma nova forma de aplicação de calor, como possível forma de tratamento quando indicado por um profissional da saúde (uma nova placa quente que desenvolvemos).

Explicação do Procedimento:

Este trabalho será baseado na aplicação de uma forma de calor (placa térmica desenvolvida), disponível no IQSC, IFSC e Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da USP. Você deverá utilizar, no dia da aplicação, um tipo de calor (placa desenvolvida) durante o período de 20 minutos de aplicação na região do ombro direito e durante a aplicação você permanecerá sentado. Ao final da aplicação você responderá a um questionário que será preenchido por você a respeito de suas impressões relacionadas ao conforto (como sentiu o contato dado pelo material), temperatura (se é suportável ou não), tempo de resfriamento (se esfriou muito rápido) e peso do material utilizado. Neste roteiro você deverá dar uma “nota” de 0 a 10, sendo o zero pior e o 10 melhor. Além disso, responderá a uma pergunta aberta dizendo a sua opinião em relação à placa polimérica desenvolvida.

Você só utilizará esta nova forma de calor por uma vez (20 minutos), na presença da pesquisadora (que aquecerá a placa e aplicará em você). A sua aceitação ou não em participar da pesquisa não interferirá de forma nenhuma no seguimento das suas atividades cotidianas ou de trabalho/estudos.

Possíveis Benefícios: A sua rotina não será modificada após a aplicação. Este trabalho de pesquisa não trará nenhum benefício específico a você. Mas esta pesquisa poderá auxiliar a ter uma nova opção de forma de aplicação de calor para o tratamento de pessoas em que a aplicação do calor trará benefícios (como por exemplo redução da dor). Os resultados da pesquisa serão divulgados e publicados.

Desconforto e Risco: Este experimento não trará nenhum tipo de desconforto ou risco à sua saúde e sua identidade será mantida em sigilo absoluto.

Seguro de Saúde ou de Vida: Não existirá nenhum tipo de benefício, seguro de saúde ou de vida que possa vir a beneficiá-lo em função de sua participação neste estudo. Também não

haverá nenhum auxílio em dinheiro pela sua participação e isto não trará nenhum tipo de custo adicional a você por participar desta.

Liberdade de Participação: Sua participação neste estudo é voluntária. É seu direito interrompê-la a qualquer momento sem que isso incorra em qualquer penalidade ou prejuízo à sua pessoa. O pesquisador tem o direito de excluir seus dados deste estudo no caso de coleta incompleta ou não adequação dos dados ao objetivo desse trabalho.

Sigilo de Identidade: As informações obtidas nesta pesquisa não serão de maneira alguma associadas à sua identidade e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem sua autorização oficial. Estas informações poderão ser utilizadas para fins de estudo e poderão ser divulgados e publicados, desde que sua identidade seja mantida em segredo. Durante a participação na pesquisa, podem ser tiradas fotos para fins de documentação, sem identificar o seu rosto, sendo tirada na parte das costas.

Eu, _____,
Portador do RG nº _____, residente à _____,
complemento _____, nº _____,
bairro _____,
cidade: _____.

Declaro que tenho _____ anos de idade e que concordo em participar, voluntariamente, da pesquisa conduzida pela pesquisadora responsável e por sua respectiva orientadora.

Para questões relacionadas a este estudo contate:

Profa. Dra. Valéria Meirelles Carril Elui
Curso de Terapia Ocupacional – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – FMRP-USP
Fone: (0XX16) 3602 – 4417
e-mail: velui@fmrp.usp.br

ou

Pós-graduanda: Fabíula Barbosa Machado dos Santos
e-mail: ftfabiula@hotmail.com

Caso deseje saber mais sobre este estudo entre em contato com os seus idealizadores. Sua participação deve ser livre e espontânea. É seu direito manter uma cópia deste consentimento de participação.

São Carlos, _____ de _____ de 2010.

Nome do Voluntário: _____

Assinatura do voluntário: _____

Pesquisadora: Fabíula Barbosa Machado dos Santos

Orientadora: Profa. Dra. Valéria Meirelles Carril Elui

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA O VOLUNTÁRIO

Data: ____/____/____

Nome: _____

Placa polimérica desenvolvida:

Responda as seguintes perguntas considerando o conforto (onde zero é extremamente desconfortável/desagradável e dez é extremamente confortável/agradável).

A. Em relação ao conforto, o uso da placa polimérica desenvolvida foi:

(0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

B. Em relação à temperatura, o uso da placa polimérica foi:

(0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

C. Em relação ao tempo de resfriamento, a placa polimérica foi:

(0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

D. Em relação ao toque da superfície da placa polimérica desenvolvida na pele, o uso foi:

(0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

E. O que você achou da aparência da placa polimérica?

(0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

F. Em relação ao peso, a placa polimérica é: (onde zero é extremamente pesado e dez é extremamente leve)

(0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

G. Em relação a facilidade de aplicação da placa polimérica: (onde zero é extremamente difícil e dez é extremamente fácil)

(0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

H. Como você se sentiu durante a aplicação da placa polimérica? (onde zero é extremamente ruim e dez é extremamente bom)

(0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Descreva de forma sucinta a sua opinião em relação à placa polimérica desenvolvida. Fale livremente a respeito de suas impressões (pontos negativos e positivos) que sentiu:

APÊNDICE C – TRANSCRIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES DOS VOLUNTÁRIOS

“A musculatura foi relaxando. Eu estava sentindo um pouco de dor, esta foi desaparecendo. Senti um certo conforto.”

“Aconchegante, agradável, sensação de calor transferido, muito agradável.”

“A placa é muito agradável e eficiente no que diz respeito a sua facilidade de se ‘moldar’ ao formato do corpo.”

“A placa é um pouco pesada – ponto negativo; Não esfria rapidamente – ponto positivo; Não arde a pele – ponto positivo.”

“Achei extremamente interessante pois as outras bolsas que possuem a mesma finalidade não mantêm a temperatura por muito tempo e acabam não tirando dores completamente.”

“A placa utilizada tem a comodidade e o conforto necessários à sua aplicação. A temperatura permanece quase constante durante o uso, em acordo com minha sensibilidade.”

“A aparência da placa é um pouco pegajosa, mas a retenção de calor é ótima. A placa também é bem ajustável (moldável) ao corpo. É extremamente leve também.”

“Muito boa. A aparência é estranha inicialmente, mas eu usaria sem problemas.”

“A placa é aparentemente desconfortável, mas depois de colocada ela provoca uma sensação muito agradável. Ela é relaxante. Acho que o peso da placa ajuda no resultado.”

“A placa é muito confortável, posiciona-se melhor que as bolsas de gel, não queima e mantém a temperatura por bastante tempo. Achei um pouco feia, o que pode ser resolvido com um revestimento que não seja transparente.”

“Achei a placa muito boa – confortável. Higiênica porque é possível remover a toalha e lavá-la. Não queima a pele e esquentar durante um período muito bom. Excelente produto.”

“Como sugestão seria interessante a construção de outras formas geométricas da placa polimérica, como: cilíndrica, esférica e outras.”

“Para comparar com as outras bolsas térmicas que utilizei fica difícil, pois nunca apliquei sobre os ombros, apenas na região do abdômen e estava deitada. O peso e a moldagem da mesma são super confortáveis, o que difere e muito das outras bolsas. Outra vantagem é a questão do tempo de resfriamento, que se passa 20 minutos, ainda enrolada na toalha ela permanece quente.

Talvez por estar numa região do corpo diferente do que já utilizei, inicialmente ela poderia estar um pouco mais quente, mas esta temperatura atingida também foi capaz de proporcionar aquecimento e relaxamento da musculatura. A temperatura atingida não fez com que me sentisse desconfortável ou com a face avermelhada, comprovando o conforto da mesma.

Apenas quanto à aparência, posso expressar um pouco de desgosto. Não é pela cor, mas talvez pelo plástico que a recobre. Poderia ser talvez menos transparente, um pouco mais leitoso e de espessura um pouco maior, o que diminuiria o aspecto de fragilidade da mesma.

Quanto ao peso, acredito que o desconforto pequeno sentido se deu pelo posicionamento da aplicação e não devido em si ao peso da placa. Acredito que na região do abdômen exerceria uma pressão confortável.

Parabenizo a pesquisa pelo desenvolvimento de um novo material que apóia o incentivo ao desenvolvimento nacional.”

“A temperatura foi agradável e o tempo de resfriamento está adequado, ou seja, a placa não resfriou rapidamente. Quanto ao peso, a placa é bem confortável, não é leve, seu peso é suficiente para gerar uma pressão agradável no local. Poderia se pensar em fazer placas com pesos diferentes em função da massa muscular da pessoa.”

“Após aplicação, sensação relaxante na região.”

“A placa é muito confortável de se usar, pois molda-se facilmente na forma do corpo. Durante o tempo da aplicação, percebi que a temperatura abaixou um pouco em relação a temperatura inicial.”

“Gostei da maleabilidade da placa; ela adere bem à forma da região do corpo onde é aplicada.”

“A placa é muito confortável, mantém bem a temperatura.”

“Achei ótima a maneira que a placa ‘se molda’ ao corpo.”

“Excelente. Quanto ao formato, poderia ser algo envolvendo os dois ombros e uma parte do pescoço, tipo um C.”

“Ponto positivo: demora para esfriar em relação a outros recursos termoterápicos.”

“Creio que a placa possa ser muito útil devido a praticidade que ela oferece. Não vi pontos negativos em relação à utilização da placa.”

“A placa foi aquecida durante bastante tempo, o resfriamento foi lento, portanto a placa apresentou ótimo desempenho. Acredito que o peso da placa pode gerar um certo desconforto dependendo em que região ela for aplicada. Para locais mais sensíveis do que o ombro, uma placa de massa menor seria mais adequada.”

“Gostei muito. A acomodação no local foi muito boa. Não perde a temperatura rápido e seu peso não é desconfortável. É muito eficiente em tudo. Ótima.”

“Gostei muito da acomodação uniforme da placa e também da conformidade de calor por toda a área da placa. Não há pontos negativos.”

“Achei a placa confortável, levemente aquecida, leve e aliviou a dor muscular. Achei muito boa a pesquisa.”

“A placa polimérica tem desempenho similar às bolsas de gel, demonstrando potencial para utilização terapêutica.”

“A placa é muito confortável e de fácil aplicação, causando uma sensação de relaxamento.”

ANEXO A. – OFÍCIO DE APROVAÇÃO – COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (HCFMRP)

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

www.hcrp.fmrp.usp.br

CÓPIA

69
A
HCFMRP
USP - RIBEIRÃO
assistência - ensino - pesquisa

Ribeirão Preto, 03 de março de 2009

Ofício nº 641/2009
CEP/MGV

Prezadas Senhoras,

O trabalho intitulado “**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE PLACA POLIMÉTRICA DERIVADA DE ÓLEO DA MAMONA PARA TERMOTERAPIA**” foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, em sua 281ª Reunião Ordinária realizada em 02/03/2009 e enquadrado na categoria: **APROVADO, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**, de acordo com o Processo HCRP nº 11099/2008.

Este Comitê segue integralmente a Conferência Internacional de Harmonização de Boas Práticas Clínicas (IGH-GCP), bem como a Resolução nº 196/96 CNS/MS.

Lembramos que devem ser apresentados a este CEP, o Relatório Parcial e o Relatório Final da pesquisa.

Atenciosamente.

DRª MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA
Vice-Coordenadora do Comitê de Ética em
Pesquisa do HCRP e da FMRP-USP

Ilustríssimas Senhoras

FABÍULA BARBOSA MACHADO DOS SANTOS

Profª. Drª. VALÉRIA MEIRELLES CARRIL ELUI (Orientadora)

Depto. de Neurologia, Psiquiatria e Psicologia Médica

Terapia Ocupacional