

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO**

**CURSO DE TECNOLOGIA EM MATERIAIS**

**RICARDO INGLEZ YAMANAKA**

**A EVOLUÇÃO DOS POLÍMEROS E SUAS APLICAÇÕES EM  
ÓRTESES**

**SÃO PAULO**

**10/12/2014**

**16:00 Horas**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO**

**CURSO DE TECNOLOGIA EM MATERIAIS**

**RICARDO INGLEZ YAMANAKA**

**A EVOLUÇÃO DOS POLÍMEROS E SUA APLICAÇÃO EM ÓRTESES**

Monografia apresentada no curso de Tecnologia em Materiais - Ênfase em Polímeros, Metais e Cerâmicas da FATEC-SP, como requerido parcial para obter o título de Tecnólogo em Materiais.

Orientador: José Angelo Bortoloto

**SÃO PAULO**

**10/12/2014**

**16:00 Horas**

**RICARDO INGLEZ YAMANAKA**

**A EVOLUÇÃO DOS POLÍMEROS E SUA APLICAÇÃO EM ÓRTESES**

São Paulo, 10 de dezembro de 2014

---

Orientador Prof<sup>o</sup> Dr. José Angelo Bortoloto

---

Examinador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Eduardo dos Santos Tada

---

Examinador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Vanessa Duarte Del Cacho

Dedico este trabalho aos meus pais,  
meus irmãos, parentes e amigos por  
sempre acreditarem em mim e por todo  
incentivo dado.

“A mente que se abre a uma ideia, jamais  
voltará ao seu tamanho original”.

(Albert Einstein)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo que me proporcionou e tem proporcionado, por todo momento de dificuldade o Senhor sempre esteve presente e me ajudou. Posso dizer que sem Seu amor nada seria.

Também quero agradecer aos meus pais e irmãos, por todo carinho, amor, incentivo e até mesmo pelas repreensões, além de todas as instruções que me deram ao longo da vida. Todos vocês foram fundamentais para minha formação. Da mesma forma agradeço aos meus parentes que também estiveram ao meu lado e cuidaram de mim.

Sou grato, por todo amor e incentivo que a Nathália de Oliveira Silva sempre me deu, por todo seu amor, companheirismo e amizade. Obrigado por fazer parte de mais um capítulo da minha vida.

Sou agradecido também pelos professores da FATEC, por todas as horas de conhecimentos transmitidos. Agradeço em especial a José Angelo Bortoloto, por orientar-me e pela grande paciência.

A todos, muito obrigado!

## **RESUMO**

O trabalho tem a finalidade de evidenciar a evolução histórica dos polímeros, bem como a datação das principais descobertas e acontecimentos. Uma breve definição dos mesmos foi realizada, para que haja, posteriormente, um melhor entendimento das propriedades que levaram ao sucesso dos polímeros. Uma das áreas de aplicação dos materiais poliméricos está na produção de órteses, que são equipamentos que auxiliam a recuperação de membros corporais deficientes. Deste modo, o trabalho também destaca a definição de órteses, sua evolução histórica, assim como as propriedades que os materiais poliméricos devem apresentar para essa aplicação.

**Palavras – Chave:** polímero, história, material, órtese.

## **ABSTRACT**

The presented work aims to highlight the historical development of polymers as well as the dating of the key findings and events. A succinct definition of them was carried out, so there is subsequently a better understanding of the properties that led to the success of the polymers. One of the application areas of polymer materials is the production of orthotics, which equipment are devices that assist the recovery of disabled body members. So, the work emphasizes the definition of orthotics and its historical evolution, as well as the properties that polymeric materials must for this application.

**Keywords:** polymer, history, material, orthotic.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de um monômero (etileno) e de um mero de polietileno. ....	13
Figura 2: a) Estrutura de uma cadeia linear; b) Estrutura de uma cadeia ramificada; c) Estrutura de uma cadeia em rede. ....	14
Figura 3: Estruturas dos polímeros semicristalinos e amorfos. ....	16
Figura 4: Gravura de homem com membro inferior deficiente apoiado a um cajado.....	20
Figura 5: Órtese para imobilização encontrada em múmias, datada de 2750 – 2625 a.C. ....	20
Figura 6: Ilustração do tratamento de ombro deslocado feito por Ambroise Paré, em 1594. ....	21
Figura 7: Órteses baseadas em armaduras desenvolvidas por Hierônimus Fabricius.....	22
Figura 8: Articulação de joelho com trava automática fabricada em aço inox, com hastes em liga de duralumínio. ....	26
Figura 9: Confeção de gesso ortopédico. ....	26
Figura 10: Órtese articulada de polipropileno para tornozelo. ....	27
Figura 11: Protetor de Quadril. ....	29
Figura 12: Colar cervical com apoio mentoniano. ....	30
Figura 13: Colar cervical Minerva. ....	31
Figura 14: Colar cervical Miami. ....	31
Figura 15: Cinta elástica lombar. ....	32
Figura 16: Espaldeira elástica para postura. ....	33
Figura 17: Colete três pontas Bahler. ....	33
Figura 18: Órtese fratura do úmero. ....	34
Figura 19: Órtese para ombro/úmero. ....	34
Figura 20: Tala de punho, mão e dedos. ....	35
Figura 21: Órtese dinâmica da mão. ....	35
Figura 22: Suporte para quadril. ....	36
Figura 23: Órtese cruropodálica. ....	37
Figura 24: Órtese de reciprocção para marcha. ....	37

Figura 25: Joelheira de neopreme curta. ....	38
Figura 26: Bota Imobilizadora TECH FOOT. ....	38
Figura 27: Órtese AFO. ....	39

## **NOMENCLATURAS**

ALMACO - Associação Latino-Americana de Materiais Compósitos.

EVA - Ethylene Vinyl Acetate.

PEAD - Polietileno de alta densidade.

PEBD - Polietileno de baixa densidade.

PP – Polipropileno.

PVC - Polyvinyl chloride

# SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

NOMENCLATURAS

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Considerações iniciais.....	11
1.2 Objetivos.....	12
2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO.....	13
2.1 Polímeros: Uma breve definição.....	13
2.2 Evolução histórica dos polímeros.....	16
2.3 Órtese - terminologia e origem histórica.....	19
2.3.1 Materiais Utilizados em órteses.....	20
2.3.2 Termoplásticos e Termofixos segundo as órteses.....	28
2.3.3 Materiais compósitos em órteses.....	29
2.4 Polímeros aplicados em órteses.....	30
2.4.1 Órteses Cervicais.....	30
2.4.2 Coluna vertebral.....	32
2.4.3 Troncos e ombros.....	32
2.4.4 Sacro e cóccix.....	33
2.4.5 Braços e antebraços.....	34

2.4.6	Punhos e mãos.....	35
2.4.7	Quadril e coxas.....	36
2.4.8	Perna e Joelho.....	36
2.4.9	Tornozelos e pés.....	38
3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

As macromoléculas de origem naturais, derivadas de plantas e animais, têm sido utilizadas durante séculos pelos homens, tais como a madeira, borracha, algodão, lã, couro e a seda. Outras macromoléculas naturais, como as proteínas, enzimas, amidos e celulose são produzidas através de processos fisiológicos em plantas e animais [1].

A utilização mais aprimorada de materiais poliméricos, provenientes de fontes naturais, veio em 1550, quando fora descoberto o látex da seringueira (*Havea brasiliensis*) e criada a borracha natural [2].

A borracha natural teve uma utilização restrita, até a descoberta da vulcanização por Charles Goodyear, em 1839. A vulcanização (nome dado em homenagem ao deus Vulcano – das profundezas do fogo) é realizada pela adição do enxofre na cadeia da borracha, o que lhe confere maior resistência e durabilidade, além de perder o aspecto pegajoso [2].

As ferramentas científicas consideradas modernas possibilitaram, no início do século XX, a determinação e o desenvolvimento de novas estruturas moleculares, dando origem a numerosos polímeros sintéticos, tais como, os plásticos, borrachas e fibras [1].

Desde o fim da segunda Guerra Mundial, a área dos materiais foi revolucionada devido a produção e comercialização dos polímeros sintéticos. Os polímeros começaram a substituir partes de outros materiais, como os metais de ligas leves, a madeira e o vidro quando a indústria polimérica alcança sua maturidade [3].

Nas últimas décadas, até a atualidade, a crescente procura por novos materiais impulsionou a busca por novos polímeros com diferentes e variadas propriedades [3]. Devido à grande variação de formas e processos que os polímeros apresentam, estes materiais já alcançaram as mais diversas áreas, podendo até dizer que facilitaram e aprimoraram inúmeros processos e produtos, tais como as órteses da área médica.

Ao somar a evolução da indústria polimérica, com as inovações no mercado das órteses e a implantação dos polímeros nessa área, pode-se dizer que os materiais poliméricos foram de grande importância para a evolução destes produtos e para a reabilitação dos pacientes [4,5].

## **1.2 Objetivos**

Embora, as pessoas convivam e, de certa forma, utilizam os polímeros, muitas delas desconhecem a definição do polímero e sua origem histórica. O mesmo desconhecimento acontece com as órteses, um equipamento ortopédico que tanto contribui para a recuperação e auxílio de membros deficientes, onde os polímeros têm grande participação na confecção desses equipamentos.

Desde modo, o presente trabalho tem a finalidade de apresentar de forma breve e direta a evolução dos polímeros ao longo da história e divulgar suas aplicações em órteses, onde, tais aplicações, possibilitaram aos pacientes um maior número de soluções na resolução de suas deficiências, em função das inúmeras variações de formas e processos permitidas por esses polímeros.

## 2 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

### 2.1 Polímeros: Uma breve definição

A palavra polímero tem origem do grego poli (muitos) e meros (unidade de repetição) [2].

Portanto, é possível dizer que polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) de unidades de repetição denominadas meros, ligadas por ligação covalente. Um polímero é produzido através de uma reação de polimerização de monômero (Figura 1), isto é, uma molécula com uma (mono) unidade de repetição [2]. Dependendo das condições em que a reação de polimerização ocorre, poderá originar um polímero com cerca de 2.000 a 100.000 monômeros, dessa maneira, as massas moleculares dos polímeros podem variar de 56.000 a 2.800.000 unidades [6].

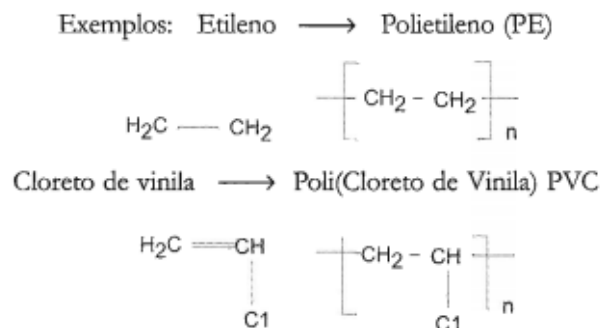


Figura 1: Exemplo de um monômero (etileno) e de um mero de polietileno.

Os polímeros formados por diferentes monômeros são chamados de copolímeros, devido à organização diferenciada das moléculas [7]. Segundo Fonseca [8]:

“Os copolímeros são obtidos pela união de dois ou mais monômeros diferentes, com as moléculas de cada monômero se alternando regularmente, exemplo: -A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-, podendo formar copolímeros aleatórios, quando os monômeros se repetirem de forma imprevisível, exemplo: -A-B-A-A-A-B-A-B-B-B-A-A-B-A-B-B-A-, podendo formar copolímeros em bloco, quando os monômeros se repetirem em conjunto, exemplo: -A-A-A-A-B-B-B-B-A-A-A-B-B-B-, podendo formar também, o copolímero alternado, quando os monômeros se intercalarem, exemplo: -A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A- “.



Basicamente, quando todos os meros ao longo de uma cadeia são todos do mesmo tipo, o polímero resultante é chamado um homopolímero. Já as cadeias compostas de dois ou mais diferentes unidades de meros, são chamadas de copolímero [1].

Com a mistura de dois ou mais tipos de polímeros, chamada de blenda polimérica, obtém-se um produto que apresenta a combinações das propriedades de seus componentes. As blendas podem ser miscíveis (misturas homogêneas) ou imiscíveis (quando há separação de fases) [9].

De acordo com a estrutura das cadeias, é possível classificar os polímeros como lineares, ramificados ou com ligações em rede (Figura 2) [10].

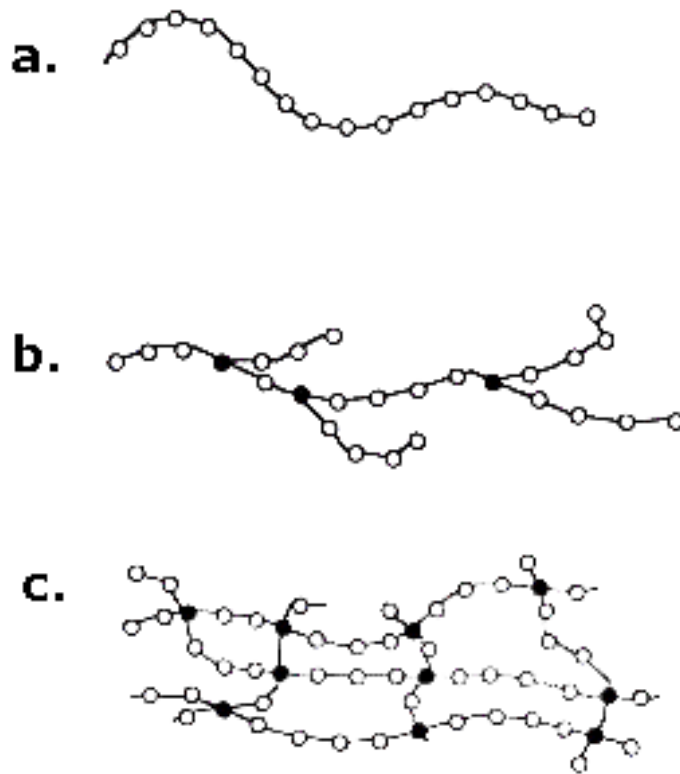


Figura 2: a) Estrutura de uma cadeia linear; b) Estrutura de uma cadeia ramificada; c) Estrutura de uma cadeia em rede.

Polímeros lineares são aqueles nos quais os meros se encontram ligados entre si em cadeias únicas. Entre as longas cadeias flexíveis podem existir extensas ligações de Van der Waals. Alguns dos polímeros comuns que se formam com estruturas lineares são o polietileno, poliestireno e poliamida [1].

Polímeros ramificados possuem cadeias com ramificações laterais conectadas às cadeias principais. As ramificações resultam a partir de reações laterais que ocorrem durante a síntese do polímero. A eficiência de empacotamento da cadeia é reduzida com a formação de cadeias laterais, que resultam num abaixamento da densidade do polímero [1].

Polímeros em rede possuem cadeias ligadas que se cruzam, ou seja, cadeias lineares que se juntam em várias posições por ligações covalentes. A ligação cruzada é acompanhada por átomos aditivos ou moléculas aditivas que se ligam covalentemente às cadeias e para quebrá-las, é necessário fornecer um nível de energia tão alto que seria suficiente para destruir também a cadeia polimérica [1,2].

Devido à quantidade de ligações cruzadas médias por volume, pode subdividir-se esta classificação em polímeros com baixa densidade de ligações cruzadas (exemplo: borracha vulcanizada) ou polímeros com alta densidade de ligações cruzadas (exemplo: termorrígido) [1].

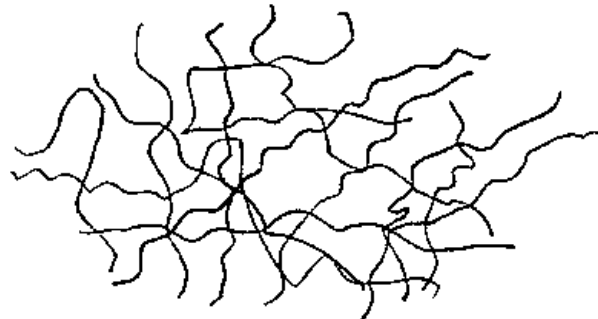
Segundo Carnevarolo [2], “os elastômeros à temperatura ambiente, podem ser deformados repetidamente a pelo menos duas vezes o seu comprimento original. Retirado o esforço, deve voltar rapidamente ao tamanho original”.

A estrutura das cadeias também determina as propriedades dos polímeros, podendo ser classificados como termoplásticos e termofixos, que de acordo com Carnevarolo [2] significam:

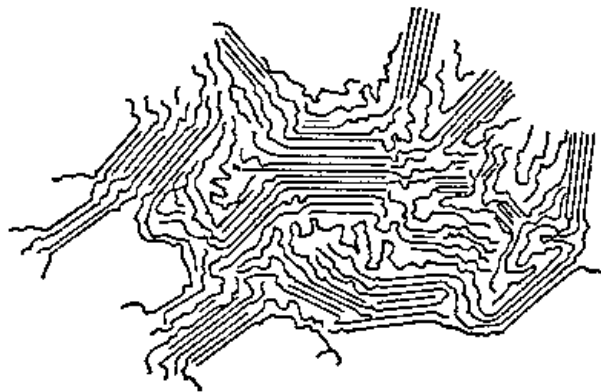
- “Termoplásticos - plásticos com a capacidade de amolecer e fluir quando sujeitos a um aumento de temperatura e pressão. Quando estes são retirados, o polímero solidifica-se em um produto com formas definidas. Novas aplicações de temperatura e pressão produzem o mesmo efeito de amolecimento e fluxo. Esta alteração é uma transformação física, reversível. Quando o polímero é semicristalino, o amolecimento se dá com a fusão da fase cristalina. São fusíveis, solúveis, recicláveis. exemplos: polietileno, poliestireno, poliamida, etc.”
- “Termofixos - plásticos que amolece uma vez com o aquecimento, sofre o processo de cura no qual se tem uma transformação química irreversível, com a formação de ligações cruzadas, tornando-se rígido. Posteriores aquecimentos não mais alteram seu estado físico, ou seja, não amolece mais, tornando-se infusível e insolúvel. Exemplos: baquelite, resina epóxi.”

Os polímeros podem ser classificados, ainda, como semicristalinos e amorfos. Um polímero semicristalino contém pequenas regiões cristalinas (cristalitos, ou micelas), cada uma tendo um alinhamento preciso, estando embutidas dentro de

uma matriz amorfa composta de moléculas orientadas. Já nos polímeros amorfos, as cadeias não possuem ordenação espacial (Figura 3) [1].



Polímero de estrutura amorfa



Polímero de estrutura cristalina

Figura 3: Estruturas dos polímeros semicristalinos e amorfos.

## 2.2 Evolução histórica dos polímeros

Ao buscar sobre história da descoberta dos polímeros a literatura mostra que desde o início da humanidade o homem utiliza-se de macromoléculas de origem natural, derivadas de plantas e animais, como a madeira, borracha e a seda [3].

Segundo Gorni [11]:

“Antes dessa descoberta, muitos materiais poliméricos, já eram utilizados desde a antiguidade, como o verniz extraído de uma árvore do gênero *Rhus verniciflua*, descoberto pelos chineses 1000 anos antes de Cristo (a.C.), que foi utilizado como tinta impermeável na pintura de móveis até o ano de 1950, por apresentar brilho e aumentar a durabilidade do móvel”.

Posteriormente, data-se no século I a.C. a utilização do âmbar, uma resina, derivada de árvores fossilizadas, moldável por compressão. Já em meados do século I d.C. destaca-se o desenvolvimento de técnicas de moldagem de chifres de animais para a produção de utensílios, como botões [12].

Ao longo do tempo, o desenvolvimento, aprimoramento e a utilização de materiais poliméricos, provenientes de fontes naturais, ocorreram de forma lenta e sem grandes avanços. Porém, em 1550, na América Central, foi criada a borracha natural a partir do látex extraído da seringueira [12].

Com base na metodologia associada ao desenvolvimento da borracha, em 1839, Charles Goodyear (1800 – 1860), após anos de dedicação com a pesquisa do látex, desenvolve uma borracha mais forte e mais resistente, ao perceber a importância do enxofre agregado na estrutura molecular da borracha natural e cria o processo de vulcanização [3]. Anos depois, em 1845, Robert William Thompson (1822 – 1873) ao inventar o pneu exigiu o aprimoramento de suas propriedades e a produção em maior escala, o que motivou o desenvolvimento da borracha sintética em meados do século XX [12].

Devido ao avanço da química orgânica, foi possível o desenvolvimento de polímeros sintéticos, que, a partir da década de 1830, resultou na produção de moléculas orgânicas capazes de substituírem produtos naturais como madeira, couro, fibras, entre outros. Seguindo este contexto, Christian Frederick Schönbein (1799 - 1868) desenvolveu, em 1846, o nitrato de celulose, um polímero sintético, produzido industrialmente pela primeira vez em 1862 por Alexander Parkes (1813 – 1890) [12].

Em 1909 o químico belga Leo Hendrik Baekeland (1863 - 1944), desenvolveu o primeiro polímero resistente a altas temperaturas, que também é um excelente isolante elétrico, a baquelite. Considerado o pioneiro no campo da química macromolecular, em 1924, Hermann Staudinger (1881 - 1965) propôs que a borracha natural e o poliéster possuíam cadeias lineares, devido a esta pesquisa Staudinger ganhou o prêmio Nobel de Química (1953) [3].

Wallace Hume Carothers (1896-1937) e seu grupo de pesquisa investigaram sobre as ligações químicas das moléculas orgânicas. Procuraram sintetizar um novo polímero com propriedades semelhante às da seda. Durante sua pesquisa, Carothers e sua equipe desenvolveram outros polímeros, como o neoprene e o

poliéster, porém sua grande descoberta foi a sintetização da poliamida, mais conhecida comercialmente como Nylon [3].

Segundo Dalfré [3]:

“Entre 1930 e 1942, vários polímeros foram descobertos, como o copolímero de estireno-butadieno (1930); a poliacrilonitrila, os poliacrilatos, o poli(acetato de vinila) e o copolímero de estireno-acrilonitrila (1936); os poliuretanos (1937); o poliestireno e o poli(tetraflúor-etileno) (teflon) (1938); a resina melamina-formaldeído (fórmica) e o poli(tereftalato de etileno) (1941); fibras de poliacrilonitrila (orlon) e os poliésteres insaturados (1942)”.

As classes dos polímeros classificados como commodity são motivadas a partir das décadas de 1950, quando o alemão Karl Ziegler (1898 – 1973), em 1953, desenvolve novos catalisadores de polimerização. O processo de polimerização, com catálise, de alquenos a baixa pressão, sucede na produção de polietileno de alta densidade (PEAD), com propriedades mecânicas superiores aos polímeros, até então produzidos, de baixa densidade (PEBD). Um ano depois Giulio Natta (1903 – 1979) utiliza pela primeira vez catalisadores (Ziegler – Natta) na produção de polipropileno (PP), onde o processo industrial e a comercialização do PP é iniciada em meados de 1962 [12].

Com a fim da Segunda Guerra Mundial, a produção e comercialização dos polímeros, principalmente os sintéticos, obtiveram um grande desenvolvimento e representaram uma grande revolução na área da ciência dos materiais. Além de baixar o custo dos produtos, a possibilidade de administrar suas propriedades, fez com que o polímero alcançasse um grande sucesso. Nos anos 60 e 70 a indústria polimérica ganhou maturidade e os polímeros começaram a substituir partes de outros materiais, como os metais de ligas leves, a madeira e o vidro. Já nos anos 80 a produção dos polímeros se tornou muito intensa e diversificada, tornando a indústria química umas das mais importantes do mundo [3].

Em razão da crescente busca por novos materiais, diversas indústrias, universidades e centros de pesquisa têm realizado estudos científicos e tecnológicos para desenvolver polímeros das mais variadas propriedades físicas e químicas e das mais variadas origens [3].

É notável que os polímeros estão cada vez mais presentes nas mais diversas aplicações, que vão desde utensílios domésticos até a área aeroespacial. Atualmente o desenvolvimento e aprimoramento de novos polímeros concentram-se em novos materiais produzidos a partir de blendas poliméricas e de compósitos de

matriz polimérica, ou seja, polímeros com cargas que lhes conferem melhores propriedades térmicas, químicas e mecânicas, em relação ao polímero base. Também é possível dizer que há pesquisas que visam a elaboração de novos catalisadores, a fim de melhorar os processos de polimerização [13].

### **2.3 Órtese - terminologia e origem histórica**

Segundo Edelstein; Bruckner [14] a palavra órtese deriva da expressão grega “tornar correto”. Uma órtese é um aparelho ortopédico utilizado para oferecer apoio, alinhar, evitar ou corrigir deformidades de uma parte do corpo ou para melhorar a função de partes móveis do corpo.

Embora muitas pessoas não saibam o significado da palavra órtese e até alguns profissionais que a utilizam desconhecerem sua história, a utilização deste dispositivo que imobiliza e proporciona conforto ao paciente não é um conceito atual [15].

Relatos na história da reabilitação demonstram que as órteses já eram utilizadas desde antiguidade, mas eram adaptadas aos pacientes sem princípios técnicos definidos, suas confecções eram artesanais e não apresentavam uma preocupação com a estética [16].

Segundo Francisco [15], historicamente, as órteses eram utilizadas no tratamento de fraturas desde o Egito Antigo (Figura 4), confeccionadas com folhas, casca de árvores e bambu (Figura 5), serviam para emprego em vida ou após a morte, como demonstram avaliações em múmias.



Figura 4: Gravura de homem com membro inferior deficiente apoiado a um cajado.



Figura 5: Órtese para imobilização encontrada em múmias, datada de 2750 – 2625 a.C.

Atribui-se a Hipócrates, o médico grego do século IV a.C, vários aparelhos ortopédicos e talas para o tratamento de fraturas, luxações e deformidades

congenitas. Galeno, seguidor dos ensinamentos hipocráticos escreveu sobre órteses no século II d.C. [17].

Com o passar dos séculos, muitos estudiosos descreveram métodos para a utilização das órteses, porém Ambroise Paré (1509 – 1590) é considerado o pioneiro na arte de confecção de órteses. Paré desenvolveu e aperfeiçoou vários instrumentos cirúrgicos (Figura 6), especialmente para o tratamento de fraturas, também promoveu o uso de próteses para os membros amputados [15].



Figura 6: Ilustração do tratamento de ombro deslocado feito por Ambroise Paré, em 1594.

Pouco tempo depois, por volta de 1592, o cirurgião Hierônimus Fabricius (1537 – 1619) descreveu uma coleção ilustrada sobre as órteses (Figura 7), baseando-se em armaduras para tratamento de contraturas em qualquer região do corpo [15].



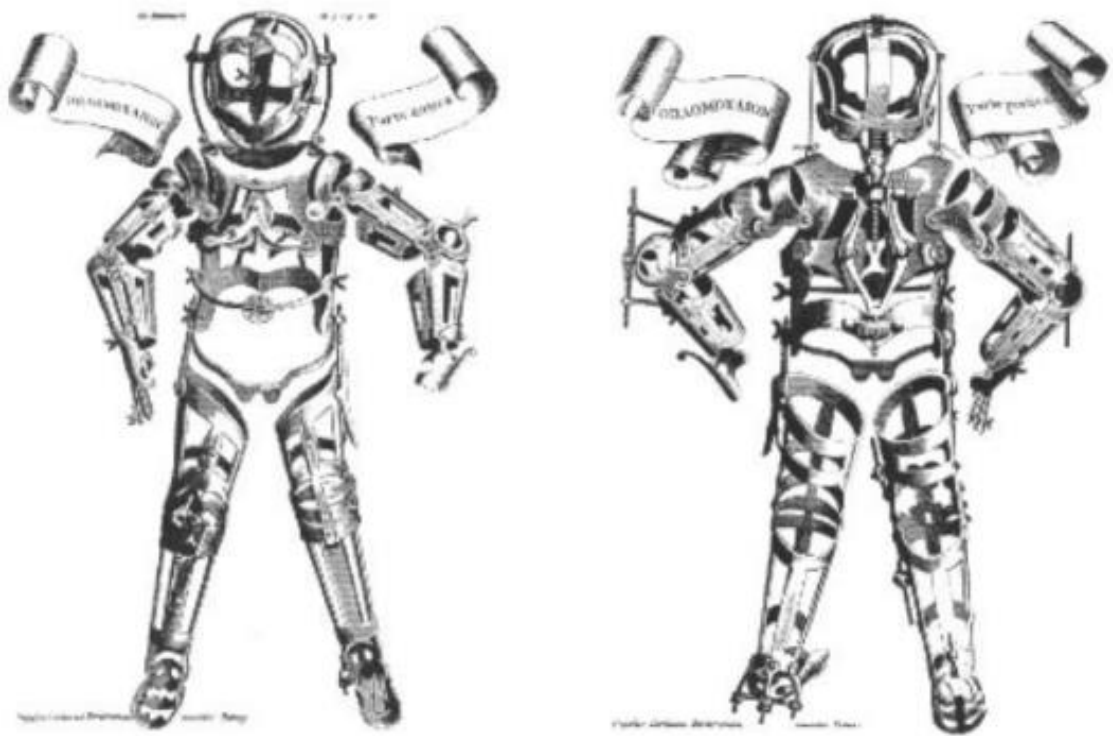


Figura 7: Órteses baseadas em armaduras desenvolvidas por Hierônimus Fabricius.

O desenvolvimento de métodos e técnicas para a confecção das órteses foi se aprimorando, cada vez mais, com o passar do tempo. Porém, esta evolução não foi por acaso, muitos fatores como, guerras, conflitos políticos, doenças, avanços médicos e principalmente a evolução da tecnologia e dos materiais utilizados foram de suma importância para que isto acontecesse [15].

Com a descoberta da pólvora, as armas de fogo foram desenvolvidas, mudando para sempre o perfil das guerras, pois o ferimento causado gerava grande perda de tecido, provocando a contaminação pelos fragmentos ósseos e pelas partículas externas. A devastação causada pelas guerras, originadas pelos conflitos políticos, e as doenças deixaram inúmeras vítimas, sendo necessária a aceleração dos avanços tecnológicos e da medicina, o que resultou, não somente em técnicas e materiais de confecções mais práticos e eficientes, mas também na evolução dos profissionais que atendiam este grande número de pessoas incapacitadas fisicamente [15].

Pode-se dizer que órteses são equipamentos terapêuticos de auxílio funcional, aplicados não apenas nos programas de recuperação dos membros superiores e inferiores, como também do tronco, na forma de faixas contensoras ou

coletes. Portanto servem para a correção de uma disfunção e não a substituição de segmentos ou membros amputados, diferentemente das próteses [18].

Entre as principais funções de uma órtese, Elui et. Al. [19] destacam:

- Estabilizar ou promover o repouso das articulações, tendões, ligamentos e músculos;
- Manter um determinado alinhamento ósseo;
- Evitar deformidades e contraturas em posição viciosa;
- Evitar movimentos indesejados;
- Reduzir gradativamente contraturas, a fim de aumentar a amplitude de movimento articular;
- Promover o alongamento muscular e das partes moles;
- Substituir a função muscular perdida ou debilitada;
- Manter as melhoras conseguidas através de manipulações cirúrgicas, corretivas ou outros processos reconstrutivos;
- Aliviar a dor;
- Simular resultados cirúrgicos e restaurar a função e
- Atuar no manuseio de cicatrizes pós-cirúrgicas.

As órteses aplicadas temporariamente aos pacientes, geralmente, são utilizadas para a correção de um segmento, até que a função do mesmo seja restabelecida. Porém, quando a finalidade é restaurar uma função perdida, comumente, são dispositivos empregados permanentemente. Atualmente a classificação mais utilizada para a caracterização de uma órtese é baseada de acordo com sua propriedade mecânica, estando subdivida em órteses dinâmicas e órteses estáticas [5].

A função das órteses estáticas é impedir movimentos indesejados, portanto são usadas para imobilizar e estabilizar uma ou mais articulações de um segmento em uma posição determinada e não possuem partes móveis ou articuláveis [5]. O repouso articular, auxiliado pela órtese, diminui a probabilidade do surgimento de inflamações e dores ao paciente, além do que, o posicionamento correto previne que

o paciente tenha deformidades esqueléticas, protegendo e dando apoio a estrutura em recuperação [15].

Já as órteses dinâmicas, também chamadas de órteses cinéticas, possuem partes móveis que permitem ou iniciam uma movimentação controlada das articulações em uma direção específica, com o objetivo de reduzir as retrações tendinosas e principalmente restaurar algum movimento do corpo. São usadas para que uma força seja aplicada na articulação através de uma tração intermitente, assim, melhoram a força e função de um músculo fraco [15].

### **2.3.1 Materiais Utilizados em órteses**

Devido a órtese ser um produto que auxilia o homem, sendo adaptado a algumas partes do corpo, o material utilizado deve ter um peso compatível a capacidade do esforço humano, boa resistência aos movimentos e cargas que serão submetidos e que não ofereça nenhum tipo de rejeição pela pele do paciente [4].

As propriedades de materiais utilizados em órteses são: elasticidade, plasticidade, maleabilidade e resistência à corrosão e são definidas por Edelstein; Bruckner [14] como:

- Elasticidade é a capacidade de um material de recuperar suas dimensões originais;
- Plasticidade é a característica de um material que modifica a sua forma sem romper-se, ou seja, é um material maleável, tal como uma palmilha elástica de espuma de polietileno, que muda sua forma quando exposta à compressão;
- Resistência à corrosão é quando os materiais se deterioram na exposição a agentes químicos.

É preciso que o planejamento do método e a escolha de todos os materiais disponíveis estejam muito bem relacionados com as características do paciente e da patologia, com a órtese aplicada e com a disponibilidade financeira do paciente [20].

Segundo Sauron [21]: “Para que possamos prescrever, confeccionar e avaliar o real benefício de uma órtese para determinado paciente é necessário que tenhamos

conhecimento da anatomia funcional do membro superior, dos aspectos clínicos da patologia e do material escolhido para a confecção da órtese”.

No processo de confecção e planejamento de uma órtese avaliam-se certas características como [17]:

- Conforto: É importante que a órtese não incomode o paciente, pois o mesmo a utilizará por um tempo determinado. Portanto quanto mais confortável melhor será para a recuperação do paciente;
- Higiene: Deve ser um material que permite uma limpeza fácil e diária, a fim de reduzir o risco de infecção;
- Durabilidade: Tempo em que o dispositivo seja utilizado mantendo suas propriedades;
- Propriedades mecânicas: A resistência e absorção do impacto, a flexibilidade, a dureza, a maleabilidade, etc. devem estar de acordo com a função a ser atendida, para evitar dano ao paciente; e
- Memória: Uma vez modelados ou fabricados os materiais das órteses devem manter suas estruturas.

No decorrer dos anos muitos materiais foram usados para a confecção das órteses, porém a partir do século XX, com o desenvolvimento da tecnologia juntamente com a grande evolução dos materiais, proporcionaram um grande avanço na execução destes dispositivos [5].

Os metais por serem muito utilizados pelo homem durante milênios foram os materiais mais comuns para a confecção das órteses. O alumínio, o aço e ligas de magnésio e titânio eram os mais aplicados [4].

O aço por apresentar a alta ductilidade, rigidez e por ser muito pesado, era utilizado, preferencialmente, em aparelhos ortopédicos (Figura 8). As ligas de alumínio eram mais comuns em órteses de membros superiores, devido a sua leveza, quando comparado ao aço. Já as ligas de titânio e magnésio possuem vantagem ao aço e ao alumínio, pois são resistentes à corrosão e apresentam baixo peso específico. Porém, por serem mais caras essas ligas eram usadas em aplicações que exigiam muita resistência e pouco volume. Até hoje os metais são muito utilizados em vários tipos de componentes e aplicações das órteses [4].

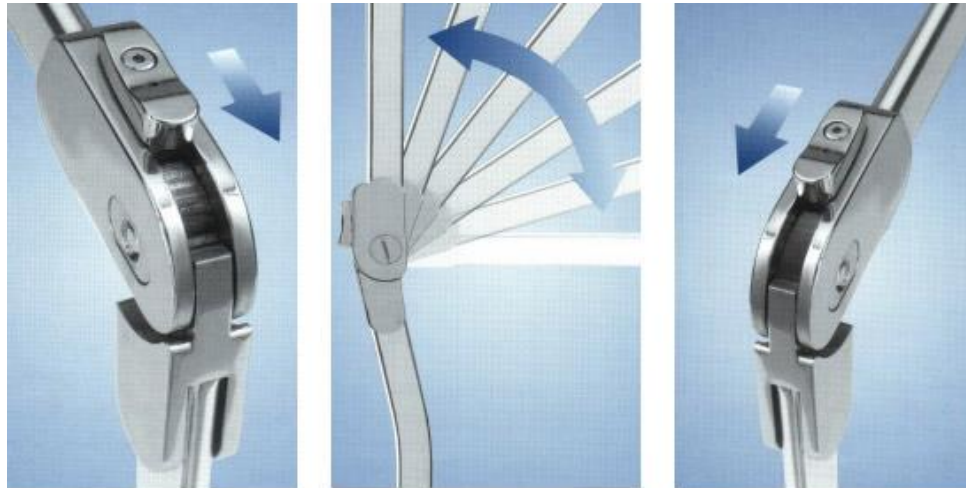


Figura 8: Articulação de joelho com trava automática fabricada em aço inox, com hastes em liga de duralumínio.

Outro material, também muito conhecido e usado é o gesso, pois são facilmente moldáveis e possuem um baixo custo (Figura 9). No entanto, o gesso possui muitas desvantagens, como pouca resistência a umidade, difícil higienização e possibilidade do surgimento de feridas devido ao fato de ser áspero e rígido. Além destas, uma das desvantagens mais preocupante é a pouca resistência à queda, que pode acarretar na quebra do gesso [4].



Figura 9: Confecção de gesso ortopédico.

Por sua vez, os polímeros, assim como os outros materiais citados, além de possuírem propriedades úteis para a confecção de determinadas órteses, também admite variações diversas quanto a cor, espessura, tamanho e rigidez [4].

As borrachas têm um papel importante dentro das órteses, pois podem ajudar a movimentar e a posicionar algumas articulações, além de poder revestir outros materiais, protegendo contra choques e gerando maior conforto ao paciente [4].

Em 1960, após a indústria polimérica chegar a sua maturidade, há um crescimento significativo da utilização de polímeros em órteses [5]. A evolução desta indústria, juntamente com as inovações no mercado reumatológico, resulta em um crescimento significativo nos anos de 1970 a 1990 [5]. Deste modo, os polímeros, começaram a substituir outros materiais, além de serem leves e flexíveis apresentam uma ótima resistência à corrosão. O desenvolvimento dos materiais poliméricos foi de grande importância para a evolução da reabilitação dos pacientes. Por apresentarem rapidez e facilidade na moldagem, fácil manipulação e na maioria deles de baixo custo, hoje em dia são uns dos materiais mais utilizados em órteses (Figura 10) [4].



Figura 10: Órtese articulada de polipropileno para tornozelo.

Com a crescente preocupação em melhorar o conforto e segurança e melhorar a vida de portadores de deficiência física, existem vários grupos de pesquisas que estão utilizando novas tecnologias disponíveis atualmente, como, materiais compósitos, a computação, uma grande variedade de sensores e a robótica [22].

A exemplo das pesquisas para empregar os materiais compósitos em órteses, a ALMACO (Associação Latino-Americana de Materiais Compósitos) [23], divulgou em 2007, em seu site, a seguinte notícia:

“Tratar principalmente pacientes vítimas de Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou adolescentes com patologias relacionadas a membros superiores, seguindo a demanda do Núcleo de Atenção Médica Integrada (Nami), ligado à Universidade de Fortaleza (Unifor), foi o objetivo inicial da engenheira de materiais Virgínia Gelfuso, na época professora dos cursos de Enfermagem, Terapia Ocupacional, Fisioterapia e Educação Física da Unifor. A partir de moldes de gesso no membro do paciente, as órteses eram feitas, segundo sua definição, por um compósito de fibra de vidro em matriz polimérica, a grosso modo, um plástico com a rigidez ideal para evitar deformações. As vantagens apontadas pela pesquisa, feita com 30 pacientes, foram que, além de um custo, 50 vezes menor que as próteses similares no mercado, eliminava dois dos principais problemas das órteses convencionais para os pacientes: a vergonha e o desconforto, pela discríção e leveza do material utilizado na sua confecção”.

### **2.3.2 Termoplásticos e Termofixos segundo as órteses**

Na Terapia Ocupacional, segundo Agnelli; Toyoda [4], os polímeros utilizados em órteses podem ser divididos em dois grandes grupos:

- Termoplásticos: Se deformam quando aquecidos e endurecem quando resfriados. Podem ser moldados e remoldados com calor;
- Termofixos: apresentam formas acabadas quando aquecidos, mantendo esta forma final. Assim, esses não amolecem quando reaquecidos, não podendo, portanto, serem remodelados.

A procura por inovação e praticidade fez crescer a oferta no mercado de uma variedade de órteses pré-fabricadas nos anos 90. Fabricadas em série, geralmente com polímeros de alta temperatura ou tecido, sendo confeccionadas e vendidas nos tamanhos: (pequeno – pequeno) PP, (pequeno) P, (médio) M, (grande) G e (grande - grande) GG. Existem inúmeras cores, formas e modelos, de acordo com a empresa, marca ou linha de produção e são facilmente adquiridos através da Internet ou em lojas especializadas [4].

Há também no mercado, polímeros usados para confeccionar órteses que tornam-se moldáveis a temperaturas de 50° C e 80° C e que quando expostos à temperatura ambiente apresentam boa resistência mecânica [5].

### Segundo Leite [5]:

“Tais materiais, cuja maleabilidade se consegue atingir com imersão em água a temperaturas em torno de 80° C, são chamados de termomoldáveis. São as mais comumente utilizadas na prática clínica para a confecção rápida de órteses com acabamento simples”.

### 2.3.3 Materiais compósitos em órteses

Podem ser definidos como compósitos aqueles materiais que possuem dois ou mais constituintes não solúveis e com diferentes propriedades, estruturas e composições. Aparecem, de modo geral, como um atrativo crescente, pois possibilitam uma combinação das propriedades de cada material constituinte, sejam polímeros, cerâmicas ou metais, formando um produto final com propriedades superiores de cada material individualmente [24].

Os compósitos apresentam duas fases com funções distintas, sendo a fase matriz e a fase reforço. O reforço ou fase dispersa é responsável por resistir aos esforços mecânicos aplicados no material. Por outro lado, a matriz possui três funções fundamentais, como transmitir e homogeneizar os esforços externos para o reforço, manter a orientação e espaçamento das cargas e fornecer proteção ao reforço contra danos superficiais [25].

A exemplo da aplicação de compósitos em órteses pode ser citado os protetores de quadril (Figura 11), que tem a função de proteger esta articulação durante quedas, amortecendo o impacto e estabilizando-a [26].



Figura 11: Protetor de Quadril



Segundo Barbosa [26]:

“Para o desenvolvimento de protetores de quadril, a definição dos materiais deve envolver vários aspectos que incluem propriedades mecânicas (resistência ao impacto), propriedades físicas (densidade), facilidade de adaptação do processo de fabricação para produção de componentes “sob medida”, além do custo. Neste, sentido, os compósitos de matriz polimérica oferecem um grande potencial já que as suas propriedades podem ser ajustadas de acordo com as necessidades do produto”.

## 2.4 Polímeros aplicados em órteses

Neste tópico, as imagens e descrições das órteses apresentadas, tiveram autorização prévia do fabricante Dilepé [27], sendo utilizado como referência o catálogo de produtos do mesmo. Foi também utilizado o livro de Sampol [28].

A apresentação das órteses será realizada de acordo com a indicação de uso.

### 2.4.1 Órteses Cervicais

- a) Colar cervical com apoio mentoniano: Bloqueio parcial da flexão da coluna cervical. Indicações: Tratamento de traumas leves e pós-operatórios nas cirurgias ortopédicas ou neurológicas da coluna cervical. Materiais: polipropileno, espuma de poliuretano e fecho de contato de poliamida [27, 28] (Figura 12).



Figura 12: Colar cervical com apoio mentoniano.

- b) Colar cervical Minerva: Imobilização da coluna cervical. Indicações: Utilizado no auxílio ao tratamento das fraturas, luxações, traumatismos e cervicalgias. Materiais: espuma de poliuretano, fecho de contato de poliamida e esticadores em alumínio [27, 28] (Figura 13).



Figura 13: Colar cervical Minerva.

- c) Colar cervical Miami: Estabilização da coluna cervical, com orifícios para análise do pulso carotídeo e traqueostomia. Indicações: Traumatismo, osteoporose, torcicolos, artrites e artroses. Materiais: polipropileno, espuma de poliuretano e fecho de contato de poliamida [27, 28] (Figura 14).



Figura 14: Colar cervical Miami.

### 2.4.2 Coluna vertebral

- a) Cinta elástica lombar: Estabilização da coluna de forma anatômica, através de tecido elástico. Indicações: Lombalgias e tratamentos de lesões da coluna na região lombar. Materiais: Fecho de contato de poliamida e tecido elástico feito de poliéster e elastano [27, 28] (Figura 15).



Figura 15: Cinta elástica lombar.

### 2.4.3 Troncos e ombros

- a) Espaldeira elástica para postura: Utilizada para a correção de postura dos ombros. Indicações: Postura do ombro e tratamento de cifose torácica. Materiais: Apoio de poliamida, fecho de contato de poliamida e tecido elástico feito de poliéster e elastano [27, 28] (Figura 16).



Figura 16: Espaldeira elástica para postura.

#### 2.4.4 Sacro e cóccix

- a) Colete três pontas Bahler: Utilizado para auxiliar fraturas de compressão, estabilização das vértebras lombares e dorsais baixas. Indicações: Fraturas de compressão, osteoporose, artrites, osteocondrites e fraturas na coluna torácica. Materiais: Hastes de duralumínio (liga metálica composta por alumínio, cobre 4,5%-1,5%, magnésio 0,45%-1,5%, manganês 0,6%-0,8% e silício 0,5%-0,8%), articulações de silicone, apoio de polipropileno e EVA e fecho de contato de poliamida [27, 28] (Figura 17).



Figura 17: Colete três pontas Bahler.

### 2.4.5 Braços e antebraços

- a) Órtese para fratura do úmero: Utilizada no tratamento das fraturas do úmero, permitindo a mobilidade das articulações do ombro e do cotovelo. Facilita a higiene corporal e tem peso reduzido. Indicações: Fraturas no úmero e estabilização. Materiais: polipropileno ou “Ezeform” (termomoldável) e fecho de contato de poliamida [27, 28] (Figura 18).



Figura 18: Órtese fratura do úmero.

- b) Órteses para ombro/úmero: Utilizado para tratamento de dores causadas por luxações e estabilização do ombro. Indicações: Tratamentos de dor, bursite, artrites e reumatismo. Materiais: Neoprene e fecho de contato de poliamida [27, 28] (Figura 19).



Figura 19: Órtese para ombro/úmero.

#### 2.4.6 Punhos e mãos

- a) Tala de punho, mão e dedos: Utilizadas para muitas patologias, imobilizam os punhos e os dedos. Indicações: Fraturas, entorses, contusões, artroses e redução articular. Materiais: PVC, espuma de poliuretano e fecho de contato de poliamida [27, 28] (Figura 20).



Figura 20: Tala de punho, mão e dedos.

- b) Órtese dinâmica da mão: Manter a anatomia funcional dos dedos, contraturas e encurtamentos musculares. Permite os movimentos ativos, através dos elásticos, movimentação passiva da musculatura paralisada. Indicações: Pós operatória de cirurgias nos tendões e lesões neurológicas. Materiais: Polipropileno ou “Ezeform”, hastes de duralumínio, couro sintético (PVC), fecho de contado de poliamida e elástico [28] (Figura 21).



Figura 21: Órtese dinâmica da mão.

### 2.4.7 Quadril e coxas

- a. Suporte para quadril: Utilizado para limitar e auxiliar os movimentos de flexo-adução no quadril. Indicações: Indicado para tratamento pós-artroplastia ou artroscopia e luxação do quadril. Materiais: placas de polipropileno, hastes de duralumínio, fecho de contato de poliamida, couro sintético (PVC) e espuma de poliuretano [27] (Figura 22).



Figura 22: Suporte para quadril.

### 2.4.8 Perna e Joelho

- a) Órtese Cruropodálica: Utilizado para proporcionar ortostatismo, reeducação de marcha e auxílio dos membros. Indicações: Acidente Vascular cerebral na fase plégica, lesões neurológicas e geno recurvato. Materiais: placas de polipropileno, hastes de duralumínio, fecho de contato de poliamida e espuma de poliuretano [28] (Figura 23).





Figura 23: Órtese cruropodálica

- b) Órtese de reciprocção para marcha: Utilizado para proporcionar marcha recíproca com menor gasto de energia. Indicações: Paralisia dorsal, lombar com impossibilidade de locomoção efetiva com órteses convencionais. Materiais: placas de polipropileno, hastes de duralumínio, fecho de contato de poliamida e espuma de poliuretano [28] (Figura 24).



Figura 24: Órtese de reciprocção para marcha



- c) Joelheira de neoprene curta: Utilizada para estabilizar o joelho e diminuir o quadro que causa a dor. Indicações: Instabilidade da rótula, tendinite patelar e prevenção de lesões causadas pela prática esportiva. Materiais: Neoprene [27, 28] (Figura 25).



Figura 25: Joelheira de neopreme curta.

#### 2.4.9 Tornozelos e pés

- a) Bota Imobilizadora TECH FOOT: Serve para imobilizar a articulação do tornozelo. Indicações: Fraturas no maléolo, luxações, entorses e substituição da goteira gessada. Materiais: suporte rígido de poliamida, hastes de duralumínio, solado de poliamida, fecho de contato de poliamida e espuma de poliuretano [27, 28] (Figura 26).



Figura 26: Bota Imobilizadora TECH FOOT.

- b) AFO (Órtese suropodálica): São usadas para manter a articulação do tornozelo na posição funcional a 90 graus e prevenir futuras deformidades e complicações como a perda da massa muscular. Indicações: Neuropatia periférica, lesões nervosas, atraso no desenvolvimento motor, poliomielite, distrofia muscular, artrite reumatóide, espinha bífida e desordens ortopédicas. Materiais: Polipropileno e fecho de contato de poliamida [27] (Figura 27).



Figura 27: Órtese AFO.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas literaturas fica claro que a evolução tecnológica e dos materiais sempre acompanhou a evolução do homem, tanto que historiadores classificam partes da história da humanidade de acordo com o material que estava em ascensão, como Idade do Ferro e Idade do Bronze.

Devido à constante busca por desenvolvimento tecnológico e científico diversos materiais foram descobertos com passar do tempo. É possível dizer que umas das descobertas mais importantes foi a síntese dos polímeros.

A utilização do material polimérico, se comparado com a cerâmica e com o metal, é recente, porém alcançou grande sucesso, devido à enorme variedade de polímeros existentes e cada um com as mais diferentes propriedades. A fácil conformação e modelagem, a leveza e a possibilidade de criar compósitos através das matrizes poliméricas foram, também, fundamentais para tal sucesso.

Tais fatores possibilitaram que esses materiais conseguissem subsistir com grande eficiência produtos ou peças confeccionadas com materiais convencionais como metais e cerâmicas.

Atualmente, os polímeros estão ligados diretamente ao nosso cotidiano. Os mesmos estão sendo utilizados em diversas áreas e diferentes aplicações que vão desde uma simples caneta, até peças de uma nave espacial.

Existem pesquisas sobre novos materiais ou aprimoramento de alguns já existentes. Compósitos e blendas poliméricas são alguns exemplos dessas pesquisas. Porém, mesmo com toda evolução atual, é evidente que há muitos materiais, aplicações e propriedades a serem explorados.

Através das literaturas consultadas fica claro que umas das áreas beneficiadas pela evolução do polímero é a área da reabilitação de portadores de deficiência física.

Por sua vez, as órteses são dispositivos fundamentais na área da reabilitação. Possuem inúmeros tipos, formas e aplicações, que contribuem tanto na recuperação de membros com deficiências passageiras, como auxiliam membros com deficiências permanentes.

Contudo, mesmo havendo vários tipos de órteses para diferentes partes do corpo, os materiais utilizados não divergem muito. A literatura por novos materiais sendo empregados em órteses, ou a substituição dos que já são usados é escassa.

Com tantos tipos de materiais disponíveis e tecnologias avançadas, é evidente que a exploração e a introdução dos polímeros na área da órteses está longe de terminar.

## 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CALLISTER JÚNIOR, W.D. Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução, 5. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589 p.
- [2] CANEVALORO JÚNIOR, S.V. Ciências dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros, 2. ed. São Paulo: Artliber, 2006. 280 p.
- [3] DALFRÉ, G. M. Cruzetas de polímeros reciclados: caracterização dos materiais, análise numérica e ensaios de modelos reduzidos. 2007. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- [4] AGNELLI, L.B.; TOYODA, C. Y. Estudo de materiais para a confecção de órteses e sua utilização prática por terapeutas ocupacionais no Brasil. Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar, 2003, v. 11, n. 2.
- [5] LEITE, F. A. Desempenho técnico, mecânico e clínico de material à base de polímero derivado do óleo de mamona para a confecção de órteses e comparação com outro material existente no mercado. 2007. Dissertação (Mestrado) – Faculdade São Carlos, São Paulo, 2007.
- [6] FELTRE, R. Química: química orgânica, 6. ed., v. 3. São Paulo: Moderna, 2004.
- [7] KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M. JR. Química geral e reações químicas. Tradução de Flávio Maron, 4. ed., v. 1. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 696 p.
- [8] FONSECA, M. R. M. da. Química: o meio ambiente, cidadania e tecnologia. 1. ed., vol. 3. São Paulo: FTD, 2010.

- [9] SILVA, E.A. Desenvolvimento e caracterização de blendas de polímeros biodegradáveis e polirrol. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- [10] BOWDER, D. I. An Introduction to Polymer Physics. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- [11] GORNI, A. A. A Evolução dos Materiais Poliméricos ao Longo do Tempo, 2003. Disponível em: <[http://www.gorni.eng.br/hist\\_pol.html](http://www.gorni.eng.br/hist_pol.html)>. Acesso em 10 de nov. 2014.
- [12] WIEBECK, H.; HARADA, J. Plásticos de engenharia. São Paulo: Artliber, 2005.
- [13] PITT, F.D., BOING, D., BARROS, A.A.C. Desenvolvimento histórico, científico e tecnológico de polímeros sintéticos e de fontes renováveis. Revista da Unifebe. Santa Catarina, 2011.
- [14] EDELSTEIN, J.E.; BRUCKNER, J. Órteses: abordagem clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 200 p.
- [15] FRANCISCO, N.P.F. Avaliação das características de três materiais de baixo custo utilizados na confecção de órteses para estabilização de punho. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos, 2004.
- [16] ROCHA, D. N. et al. Controle de força de pressão para uma órtese de mão por meio da análise da corrente elétrica do atuador. Revista Matéria, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p. 173-178, 2007.
- [17] LINDEMAYER, C. K. Estudo e avaliação de termoplásticos utilizados na confecção de órteses. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2004.

- [18] LIANZA, S. Medicina de Reabilitação – Associação Brasileira de Medicina Física e Reabilitação. 4. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2007.
- [19] ELUI, V.M.C. et al. Órtese: um importante recurso no tratamento da mão em garra móvel de hansenianos. Hansen. Int., v. 26, n.2, p.105-111, 2001.
- [20] X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2006. Vale do Paraíba. Anais. Vale do Paraíba: Universidade do Vale do Paraíba, 2006. 660-664 p.
- [21] SAURON, F. N. Órteses para membro superiores. In: TEIXEIRA, et. al. Terapia Ocupacional na Reabilitação Física. São Paulo: Roca, c. 16, 2003.
- [22] ARAUJO, M.V. Desenvolvimento de uma órtese ativa para membros inferiores com sistema eletrônico embarcado. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.
- [23] AMALCO – Associação Latino-Americana de Materiais Compósitos. Disponível em: < [http://www.almaco.org.br/noticias\\_anteriores\\_det.cfm?ID=645](http://www.almaco.org.br/noticias_anteriores_det.cfm?ID=645)>. Acesso em: 12 de nov. 2014.
- [24] FACTORI, I. M. Processamento e propriedades de compósitos de poliamida 6.6 reforçada com partículas de vidro reciclado. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
- [25] PERUZZI, A. P. Estudo das alternativas de uso da fibra de vidro sem características álcali resistente em elementos construtivos de cimento Portland. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

[26] BARBOSA, A. S. G. Desenvolvimento e caracterização de órtese em compósitos para proteção da articulação do quadril. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2007.

[27] DILEPÉ - Dilepé Indústria e Comércio de Materiais Ortopédicos Ltda. Disponível em: < <http://www.dilepe.com.br/index.php>>. Acesso em: 11 de nov. 2014.

[28] SAMPOL, A. V. Manual de prescrições de órteses & próteses - Cuidados e indicações: material utilizado no tratamento. Editora Águia Dourada, Rio de Janeiro, 2010. 376 p.