



DETALHES CONSTRUTIVOS DE UMA PRÓTESE ANTROPOMÓRFICA PARA MEMBROS SUPERIORES - UM ESTUDO DAS TRANSMISSÕES E ACIONADORES

Fransérgio L. da Cunha

Vladimir I. Dynnikov

Universidade Federal do Espírito Santo

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Av. Fernando Ferrari, s/n - Campus de Goiabeiras

CP: 01-9011/CTUFES - CEP:29060-970 - Vitória, ES - Brasil

Telefone: +55 27 335 2663; Fax: +55 27 335 2650

e-mail: fransergio.cunha@ele.ufes.br

Resumo. *Recentes trabalhos mostram que o antropomorfismo é um dos principais fatores que devem ser observados no projeto de próteses para membros superiores, e conseqüentemente, a reprodução dos movimentos e formas naturais dos dedos torna-se muito importante. Uma breve revisão bibliográfica mostra que os dedos da mão podem ser tratados como um conjunto de micro robôs manipuladores com uma base em comum. Entretanto existem várias configurações destes robôs, e nem todas podem ser aplicadas na reprodução física de um dedo que será usado em uma prótese. Um grande problema construtivo destes robôs é relacionado ao modo de como será feita a transmissão dos movimentos dos acionadores para as juntas.*

Assim, este trabalho apresenta um estudo comparativo dos mecanismos de transmissões passíveis de serem usados em uma prótese, bem como dos seus acionadores, visto que existem restrições de aplicabilidade relativos ao peso, volume e antropomorfismo. Foram utilizados alguns conhecimentos de robótica para tal. A contribuição final deste trabalho, portanto, vem a ser um apanhado geral dos principais detalhes mecânicos/construtivos dos mecanismos ideais envolvidos em uma prótese para membros superiores que sejam semelhantes ao membro natural perdido, tanto na forma como nos movimentos, já que o aspecto estético é uma das principais preocupações dos pacientes.

Palavras-chave: *Próteses para membros superiores, Próteses antropomórficas, Transmissão e acionamento para próteses, Engenharia de reabilitação, Robótica.*

1. INTRODUÇÃO

A reprodução das características físicas da mão e conseqüentemente dos dedos é um dos principais fatores a serem observados na construção de próteses para membros superiores,

levando em consideração que o alto grau de rejeição destes tipos de próteses deve-se também a este fato, e assim tornando-se uma exigência dos usuários (Giraudet, 1978).

Este trabalho concentrará sua atenção em alguns detalhes mecânicos/construtivos, tais como as transmissões e os tipos de acionadores que podem ser usados em uma prótese de mão com características antropomórficas, analisando quais são os melhores tipos em vista da atual tecnologia.

Para o estudo de uma estrutura mecânica podem ser aplicados diversos métodos, (Beer & Johnston, 1991; Rodrigues & Rodrigues, 1997), mas acompanhando o desenvolvimento de robôs manipuladores, tais métodos foram direcionados criando uma teoria específica que pode ser aplicada no estudo dos movimentos de um dedo de uma mão.

Uma revisão bibliográfica (Craig, 1987; Fu et al, 1987; Petrov, 1989; Spong & Vidyasagar, 1989; Vorobiev, 1988) mostra que os dedos da mão podem ser tratados como um conjunto de micro robôs manipuladores com uma base em comum. Devem, entretanto ser consideradas algumas restrições, pois alguns trabalhos desenvolvidos (Cunha et al, 1999 – I; Cunha et al, 1999 – II) mostram que não basta aplicar tais conhecimentos diretamente para modelar um dedo, visto que os movimentos dos dedos são naturalmente acoplados.

A partir deste momento, para melhor entendimento, o termo *acionador* significará um conjunto de três componentes (motor + redutor + transmissão), embora na prática nem sempre este conceito estará correto, pois pode estar referenciando a atuadores hidráulicos, pneumáticos (Kreinin et al, 1981), ou mesmo a solenóides.

Apesar da grande variedade das estruturas de robôs manipuladores, existem somente três tipos básicos de composições dos acionadores (Petrov, 1989). Analisando as características de cada tipo, foi verificado que o tipo onde todos os acionadores, para cada grau de liberdade, estão instalados numa base comum ao manipulador possui um número superior de vantagens em relação aos outros. Considerando estas vantagens, este tipo de composição seria mais adequado para a construção de uma prótese semelhante à mão.

Segundo conceitos de anatomia humana (Tubiana, 1981), o mecanismo da mão possui a maioria dos seus músculos concentrados no antebraço, que transmitem os movimentos para os dedos através de tendões (transmissão). De fato, a estrutura muscular é muito mais complexa, e deve ser modelada numa maneira ideal na forma de um conjunto de centenas de micro-acionadores distribuídos (fibras musculares), cuja somatória de suas forças resulta na força equivalente do músculo em si. Entretanto, esta abordagem é muito sofisticada e para objetivos práticos é mais viável trabalhar com a força resultante do músculo, o que é equivalente a apenas um acionador para um único músculo, afastado da sua junta de acionamento, à qual está ligado por um único tendão (transmissão por meio de cabo). Assim observa-se que naturalmente a mão também está seguindo a configuração indicada.

Depois de observado estes aspectos, deve-se então partir para uma análise maior dos tipos de transmissões possíveis e quais os atuadores ideais para este caso.

2. ANÁLISE DAS TRANSMISSÕES

Analisando as construções mecânicas da robótica, pode-se resumir que as transmissões por engrenagens ou por cabos e correias são comuns nos robôs manipuladores. Apesar da grande diferença entre si, ambos os tipos podem ser aplicados em construções de próteses, embora suas particularidades devam ser estudadas numa análise comparativa, adotando-se como base a configuração escolhida da estrutura de um robô manipulador e supondo uma amputação de parte

do antebraço, onde todos os acionadores dos movimentos das juntas dos dedos de uma prótese estariam localizados fora da região da mão, numa zona proximal em relação ao coto. Adotando esta idéia, cada junta recebe os movimentos provenientes do seu acionador por meio de alguma transmissão. Cada falange possui uma certa flexibilidade relativa dos seus movimentos, porém as juntas mais distais de um dedo devem ser acionadas de tal forma que seus meios de transmissão atravessem as juntas proximais.

2.1. Transmissão por Cabos ou Correias

Este tipo de transmissão seria o mais natural seguindo os conceitos da anatomia (Becker et al, 1986).

Na forma genérica, o movimento de cada i -ésima junta é obtido através de um sistema de polias. Por exemplo, considerando apenas os movimentos de flexão e extensão de um dedo, a junta distal tem apenas uma única polia ligada com seu elo, a junta medial possui duas e a proximal, conseqüentemente, três polias. A realização física das transmissões pode ser variada, como mostrado na Fig. 1. (Ma & Yoshinada, 1993). Na Fig. 1.a pode-se observar *conduítes* sendo usados para conduzir os cabos até a base. Desta forma, bem como na construção mostrada da Fig. 1.b, o peso total é reduzido. Entretanto o uso de *conduítes* aumenta consideravelmente o atrito total da construção, que é agravado quando se aumenta a força gerada nos cabos. As figuras 1.c e 1.d mostram mecanismos do *CT Arm tipo 1 e 2* (Ma & Yoshinada, 1993), estes mecanismos reduzem o fardo da força de tração nos cabos, sendo que o *CT Arm tipo 2* (Fig. 1.d) caracteriza-se pelo fato de que a tração de ambos os pares de cabos podem ser acionados por um acionador acoplado, além de outras características específicas (Ma & Yoshinada, 1993).

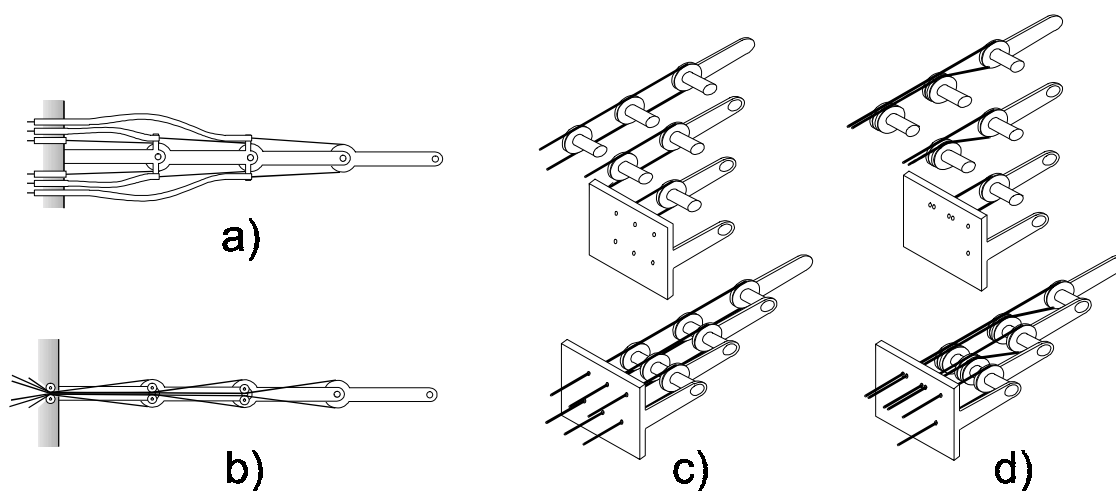


Figura 1. Variações das transmissões por meio de cabos (Ma & Yoshinada, 1993).

Outro tipo de mecanismo que poderia ser usado é o projeto de transmissão por cabos do tipo $n+1$, onde n é o número de graus de liberdade para um dedo e " $n+1$ " representa o número de cabos. Esta concepção é usada na mão de *Stanford/JPL* (Loucks et al, 1987; Mason & Salisbury, 1987). Para um dedo com três graus de liberdade, usado no projeto da mão de *Stanford/JPL*, os cabos 2 e 3 passam por cima das polias inativas nas juntas 1 e 2 e atuam como flexores e extensores na junta 3. Semelhantemente, os cabos 1 e 4 também passam por cima das polias

inativas na junta 1 para atuar na junta 2. Na junta 1, os cabos 1 e 4 são enrolados em um lado da junta enquanto os cabos 2 e 3 são enrolados no lado oposto. Assim a junta 1 é movida pelo par da junta 3 ou pelo par da junta, realizando uma flexão e extensão (Loucks et al, 1987).

Na configuração anterior (*CT Arm* tipo 1 ou 2) o número de cabos para um mecanismo de n graus de liberdade (*degrees of freedom* - DOF) pode ser igual a n , enquanto para a configuração usada na mão de *Stanford/JPL* o número de motores para um mecanismo com o mesmo número de DOF teria que possuir $n+1$ motores (ou cabos). A justificativa, segundo Mason & Salisbury (1987), para o uso da configuração $n+1$ cabos se dá devido ao aumento de atrito gerado com a pré-tensão dada pelo ajuste inicial, principalmente se os cabos passarem por *conduítes*. No outro caso, para resolver este problema deveriam ser utilizados dois motores (para flexão e extensão das falanges). Porém, como o aumento de atrito não vem a ser um problema muito significativo, visto que as configurações do tipo *CT Arm* 1 ou 2 não utilizam *conduítes* e essa pré-tensão não afetará no resultado final dos movimentos dos dedos (Andeen, 1988), é mais conveniente utilizar as configurações propostas por Ma & Yoshinada (1993), usando um atuador reversível para cada grau de liberdade. Assim, a quantidade de cabos e atuadores será reduzida, facilitando o controle da prótese.

2.2. Transmissão por Engrenagens

Um outro método de transmitir os movimentos de um acionador para um determinado mecanismo da prótese (dedo) é através de engrenagens. Como está sendo estudado um mecanismo que tem como principal característica o aspecto estético, está descartado o uso de engrenagens cilíndricas pura e simplesmente, porque devido à sua forma, não pode ser usada para configurar um mecanismo com aparência de um dedo – as distâncias relativas entre as articulações impedem o uso de tais engrenagens, que deveriam ter grandes diâmetros. Isto pode ser facilmente verificado analisando a Fig. 2. Chegado a esta conclusão, é verificado que as engrenagens cônicas satisfazem esta característica, como será visto posteriormente.

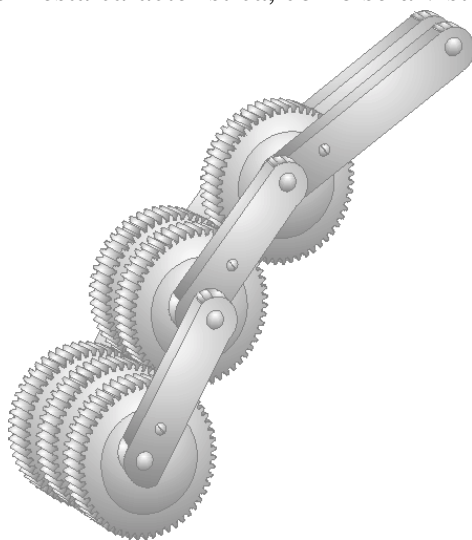


Figura 2. Mecanismo de um dedo utilizando transmissão por engrenagens cilíndricas. Nota-se que devido às características geométricas da engrenagem, as proporções anatômicas não são respeitadas (Cunha, 1999).

Para se usar engrenagens cônicas em próteses, dois mecanismos devem ser analisados prioritariamente em detrimento dos outros existentes (Petrov, 1989). O primeiro mecanismo transmite o movimento até a junta i através das juntas anteriores $i-1, i-2, \dots$ (Fig. 3.a) e o segundo aplica o movimento nesta junta (Fig. 3.b). A junta que possui a primeira configuração pode transmitir a rotação, independente da posição angular do elo de saída. Porém, ele inverte a rotação do elo de saída em relação ao de entrada. Se a engrenagem satélite (que de maneira usual gira livremente) estiver travada, a junta adquire a configuração do segundo mecanismo, fazendo-a girar sobre seu eixo. Para simplificar a construção mecânica da segunda junta (Fig. 3.b), diminuir o número de peças e, conseqüentemente, o peso total do conjunto, pode-se usar uma parte da engrenagem, ligada à base. Combinando estes mecanismos, e fazendo uso de eixos vazados, pode-se criar uma estrutura tal que simule um dedo (no caso, um dedo com 3 DOF – apenas flexão e extensão) como pode ser visto na representação em corte mostrada na Fig. 3.c. Na mesma figura, há uma comparação da transmissão feita por cabos e polias (Fig. 3.d) com a feita por engrenagens. Observando as figuras 3.c e 3.d é notória a complexidade construtiva do mecanismo composto por engrenagens (que neste caso – de maneira simplificada, possui um total de 12 partes móveis contra 6 na transmissão por polias) e além disso, seria um tanto complexo instalar os acionadores na base dos mecanismos, sem aumentar o tamanho e o peso da prótese na região da palma da mão. Em vista disso, levando em conta as desvantagens da transmissão por engrenagens para este contexto, o uso da transmissão por cabos e polias se torna mais atraente.

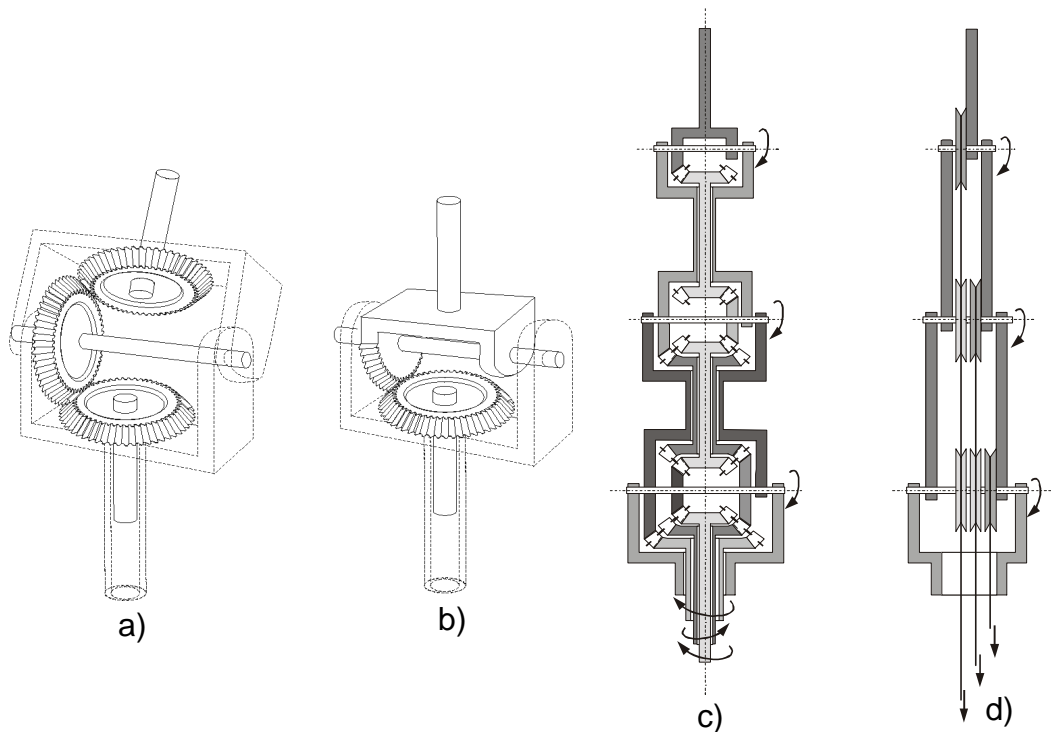


Figura 3. a) Mecanismo usando engrenagens cônicas que proporciona a transmissão do movimento da junta i através das juntas anteriores. b) Mecanismo usando engrenagens cônicas que aplica o movimento na própria junta. c e d) Comparação entre mecanismos com transmissão por engrenagens cônicas versus transmissão por cabos e polias, simulando um dedo com três graus de liberdade (Cunha, 1999).

3. ANÁLISE DOS ATUADORES

Resta agora definir qual o melhor tipo de atuador que pode ser aplicado em um mecanismo protético com as características apresentadas até aqui. Um mecanismo que reproduza os movimentos e formas da mão deve ter um acionamento rápido, lembrando que muitas vezes estes movimentos são provenientes de arcos-reflexos. Além desse aspecto, deve ser compacto o suficiente para caber em um espaço reduzido, levando-se em conta que um mecanismo ideal para essa aplicação teria 13 DOF – (4 DOF para os dedos indicador e médio e 5 DOF para o polegar (Cunha, 1999)). Esse número de DOF, apesar de reduzido comparado à mão humana, é elevado o suficiente para que cada junta tenha seu próprio atuador e o acoplamento entre as juntas seja fornecido através de programação. Uma maneira de contornar este problema é projetar um mecanismo no qual os acoplamentos existentes entre as falanges estejam implementados na própria construção mecânica da prótese, e que possam se adaptar para mudar de configuração de acordo com o tipo de garra ou pinça que a prótese deva assumir. Desta forma, o número de DOF será reduzido e seu controle simplificado. Porfírio (1992) em sua dissertação apresentou um mecanismo, o qual denomina de “Mecanismo de Acomodação” (MA – Fig. 4), que realiza tal acoplamento aplicado a um dedo com 3 DOF. Porém, o MA proposto não pode mudar sua configuração de acordo com a função que a mão deva realizar, e desta forma não pode ser usado em uma prótese que tenha como objetivo mudar sua configuração de acordo com o tipo de objeto que se queira segurar (Cunha, 1999).

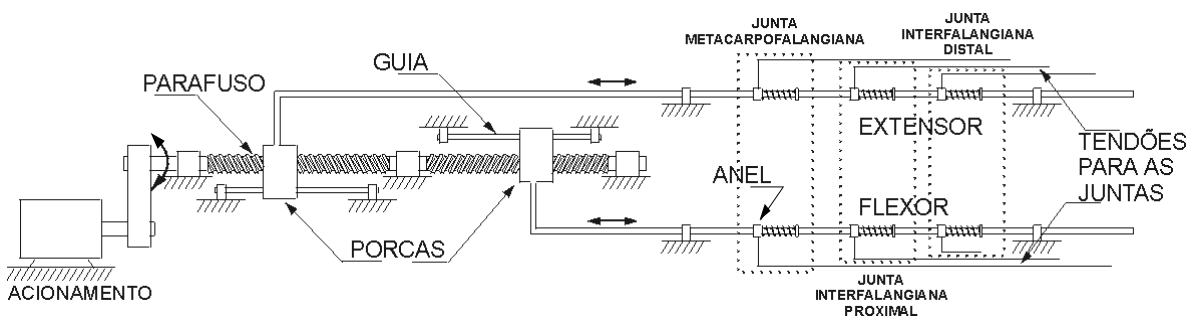


Figura 4. Mecanismo de Acomodação para um dedo com três graus de liberdade (Porfírio, 1992).

A criação de um mecanismo que possa se adaptar e assim diminuir a quantidade de DOF para o acionamento do mecanismo é um fator essencial para o projeto de uma prótese. Uma forma seria controlar o raio de curvatura de cada dedo por meio de apenas um grau de liberdade, através da combinação de diversos tipos de acionadores ou elementos de máquinas. Assim, com os devidos acoplamentos, poderia-se executar teoricamente qualquer função.

3.1. Tipos de Acionadores Não Convencionais

Um tipo de acionador que poderia ser usado para tal propósito são as ligas com memória de forma (shape memory alloys – SMA, por exemplo a liga de Ni-Ti, conhecida como Nitinol (Mondo-Tronics Inc, 1998)). Estas ligas, usadas em forma de fios por exemplo, possuem a

característica de assumir fases ou formas sob temperaturas diferentes. Desta maneira, esses cabos podem ser deformados facilmente à temperatura ambiente e mudam de fase quando aquecidos, retornando à forma original. As principais vantagens são: boa relação resistência mecânica/peso (peso reduzido) e ação direta linear (facilidade no controle) (Naka & Dutra, 1998; Mondo-Tronics Inc, 1998). O controle deste tipo de acionador se dá por uma passagem de corrente no material previamente deformado (geralmente tracionado). O aquecimento gerado pela passagem da corrente fará com que o material se contraia, voltando à posição original. Com isso, pode-se observar as principais desvantagens, que impossibilitam o uso das SMA como acionadores de uma prótese, como: altas temperaturas empregadas (podem variar de 55 a 100° C (Mondo-Tronics Inc, 1998)) e o baixo número de ciclos por minuto, devido principalmente à baixa taxa de troca de calor com o ambiente, que seria agravado no seu uso em uma prótese, visto que estariam inclusos no corpo da prótese propriamente dita, dificultando a troca de calor das SMA com o ambiente. Além disso, poderia interferir de maneira negativa nos possíveis sensores de temperatura que a prótese poderia vir a ter e influi na velocidade de atuação da mão, que deve ser rápida (Giraudet, 1978). Outra desvantagem é o fator de encurtamento, que varia de 3 a 8%, ou seja, para uma grande deformação deve-se usar um grande comprimento dos fios de SMA. Naka (1998) em seu trabalho usou fios de SMA com comprimento de 250 mm para movimentar uma junta de 0 a 90° e cada operação de abrir e fechar a mão demoraria 12 s, utilizando um fio com as seguintes características: diâmetro de 0.375 mm, capacidade de carga de 20 N e frequência de atuação 5 ciclos/minuto. Ele também utilizou variações da quantidade de fios e diâmetros, buscando uma melhor eficiência, chegando a uma frequência de 13 ciclos/minuto usando um fio com diâmetro de 0.25 mm e capacidade de carga de 9 N. Mesmo assim, este ciclo de operação é ainda muito baixo para o uso em próteses.

Como por enquanto uma solução aceitável no plano mecânico ainda não foi encontrada, será suposto que o acoplamento entre as falanges se dará através dos acionamentos dos motores, atuando independentemente em cada junta. Deve-se levar em consideração que futuramente, com o desenvolvimento de novos materiais, a redução e melhoria do rendimento dos atuadores existentes e o aumento da velocidade de processamento dos microcontroladores, este tipo de acionamento pode ser bastante adequado, mesmo tendo o conhecimento da complexidade de controle de um mecanismo do tipo *CT Arm type 1* (Ma & Yoshinada, 1993), que é a configuração proposta neste trabalho.

Para se fazer uso desta idéia, uma classe de acionadores que possuem um tamanho aceitável e um alto torque são os atuadores piezelétricos (De Vincenzo et al, 1998; Lavrinenko et al, 1998). Um tipo de construção que pode ser usada em próteses é o motor piezelétrico de rotação com estator ativo e rotor passivo (Fig. 5).

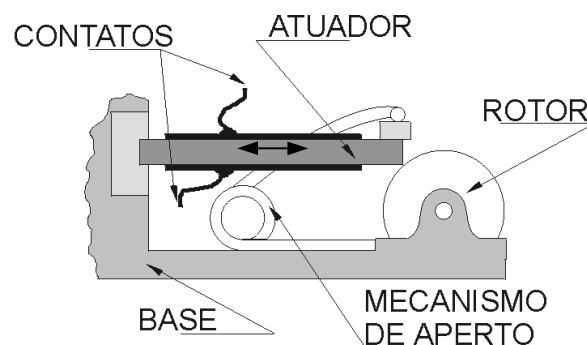


Figura 5. Esquema de construção de um motor piezelétrico de rotação com estator ativo e rotor passivo (Lavrinenko et al, 1998).

Este motor funciona através do efeito piezelétrico existente no material de que é feito o atuador (Fig. 5). Entende-se por efeito piezelétrico o fenômeno que ocorre quando determinado material sofre uma diferença de potencial e em consequência muda sua dimensão linearmente e vice versa. Assim, quando o atuador sofre uma diferença de potencial, ele se deforma para a frente e sua extremidade força com que o rotor se movimente, girando ao redor de seu eixo devido ao grande atrito gerado entre o atuador e o rotor. No retorno, o atrito diminui e, aliado a uma combinação do tipo de oscilações elétricas cria um movimento senoidal e não retilíneo da ponta do atuador, não permitindo que o rotor gire ao contrário (De Vincenzo et al, 1998).

Tais atuadores possuem um pequeno tamanho para um grande torque de saída, quando comparados a um motor eletromagnético. Para até 10 W de saída esta configuração é perfeitamente utilizável. Acima desta potência outras configurações devem ser empregadas (Lavrinenko et al, 1998).

A principal desvantagem entretanto vem a ser a difícil construção e o custo relativamente elevado, se comparado a um motor eletromagnético.

4. CONCLUSÕES E FUTUROS TRABALHOS

Aproveitando as qualidades listadas acima, uma solução aceitável é utilizar atuadores piezelétricos para controlar os graus de liberdade de um mecanismo simplificado, utilizando a *configuração CT Arm do tipo 1 ou 2* e sem a abdução e adução da junta metacarpofalangiana do polegar, visando simplificar a construção mecânica da prótese, reduzindo assim de 23 (total de DOF da mão) para 12 DOF (Fig. 6.a). Um mecanismo ideal para realizar a maioria das funções estáticas da mão teria 13 DOF, porém, respeitando-se certos limites, pode-se utilizar um projeto simplificado com 12 DOF (Cunha, 1999). Esta prótese perderia um pouco da sua funcionalidade, mas ganharia mais facilidade de controle. Exemplos de algumas funções realizadas por este mecanismo, usando esta configuração, podem ser vistas na Fig. 6.b. Nota-se nesta figura que a funcionalidade desta prótese é aceitável.

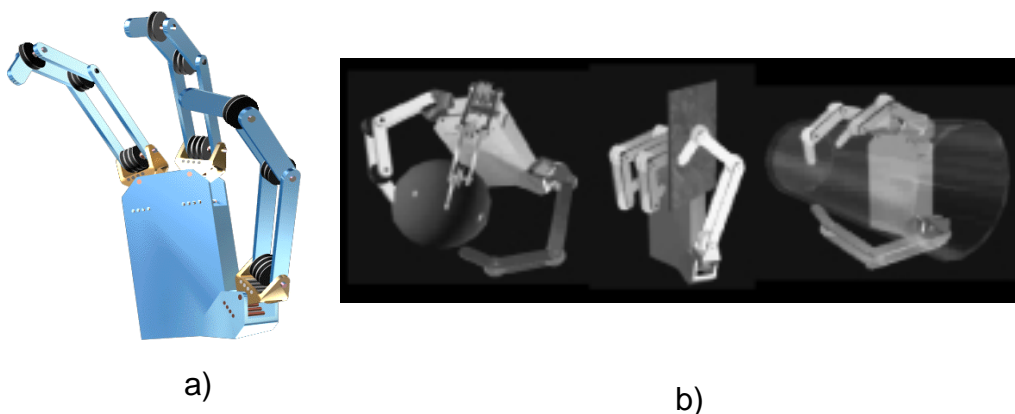


Figura 6. a) Mecanismo proposto para uma prótese com 12 DOF. b) Exemplos de funções realizadas com este mecanismo (Cunha, 1999).

Como futuros trabalhos, o grupo fará o projeto mecânico de uma prótese com 12 DOF, usando os conceitos mostrados neste trabalho e sua posterior construção, afim de se obter um

protótipo para testes do mecanismo, dos atuadores e do sistema de controle, com o principal objetivo de comprovar os resultados mostrados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Andeen, Gerry B., 1988, Robot Design Handbook. New York: McGraw-Hill.
- Becker, J.C., Thakor, N.V., Gruben, K.G., 1986, A Study of Human Hand Tendon Kinematics With Applications to Robot Hand Design. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, p. 1540-1545.
- Beer, Ferdinand P. & Johnston JR., E. R., 1991, Mecânica Vetorial para Engenheiros: Cinemática e Dinâmica, 5. ed. São Paulo: McGraw-Hill e Makron Books do Brasil.
- Craig, John J. , 1986, Introduction to Robotics: Mechanics & Control. Massachusetts: Addison - Wesley Publishing Company.
- Cunha, F. L. da et al. , 1998 – I, Determinação dos Valores dos Ângulos entre as Juntas de um Dedo Através do Processamento Digital de Imagens. In: II Simpósio Interdisciplinar em Tecnologia e Saúde, 1998, Rio de Janeiro. Anais... p. 18, Rio de Janeiro.
- Cunha, F. L. da, Schneebeli H. A. & Dynnikov V. I. , 1998 – II, Obtenção das Ligações Cinemáticas entre os Dedos de uma Prótese Adaptativa para Mão Humana. In: XVI Congresso Nacional de Control Automático, 1998, Buenos Aires. Anais... Vol. 2, p. 520 - 524, Buenos Aires.
- Cunha, Fransérgio Leite da. Obtenção e Uso dos Acoplamentos Cinemáticos Interfalangianos e Interdigitais no Projeto de Próteses Antropomórficas para Membros Superiores. 1999. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica - Automação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo.
- De Vincenzo, C. V. et al., 1998, Modelagem Mais Precisa Dos Movimentos Mecânicos Do Oscilador Piezelétrico. In: XVI Congresso Nacional De Control Automático, 1998, Buenos Aires. Anais... Vol. 2, p. 449 - 454, Buenos Aires.
- Fu, K. S., Gonzales R. C. & Lee, C. S. G., 1987, Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Giraudet G., 1978, Iniciação à Aparelhagem dos Deficientes Físicos. São Paulo: Organização Andrei Editora.
- Kreinin, G. V. et al., 1993, Russo. Atuadores Hidráulicos e Pneumáticos dos Robôs Industriais e Manipuladores Automáticos. Moscou: Machinostroenie.
- Lavrinenko, V.V., Kartachev, I.A. & Vishnevsky V.S. , 1980, Russo. Atuadores Piezelétricos. Moscou: Ed. Energia.
- Loucks, Clifford S. et al. , 1987, Modeling and Control of the Stanford/JPL Hand. IEEE CH2413-3/87/000/0573\$01.00, p 573 – 578.
- Ma S, Hirose S & Yoshinada H., 1993, Design and experiments for a Coupled Tendon-Driven Manipulator. IEEE Control Systems - 0272:1708/93, p 30 – 36.
- Mason, Matthew T. & Salisbury JR., J. Kenneth, 1985, Robot Hands and the Mechanics of Manipulation, London: The MIT Press.
- Mondo-Tronics Inc., 1998, Robot Store, catalog 16, USA.
- Naka, Marco H. & Dutra, Max S., 1998, Projeto de uma Mão Mecânica com Cinco Dedos. In: Congresso Regional dos Estudantes de Engenharia Mecânica, 1998, Vitória. Anais... Vitória.
- Petrov, B. A., 1984. Russo, Manipuladores. Leningrado: Machinostroenie.

- Porfírio, Rosemário da Silva, 1992. Estudo Analítico do mecanismo Dinâmico de uma Prótese de Mão: Representação pelo Modelo de um Dedo. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Engenharia Eletrica, Universidade Estadual de Campinas.
- Rodríguez, R.F. & Rodríguez, J.M., 1997, Software para el Análisis Cinemático y Dinámico de Mecanismo de Palanca. Revista Engenharia – Ciência & Tecnologia, ISSN 1414-8692. Ano 1, No 1. p. 11 – 14.
- Spong, M.W., Vidyasagar, M., 1989, Robot Dynamics and Control. New York: John Wiley & Sons.
- Tubiana, R. , 1981, The Hand. New York: W. B. Saunders Publishers.
- Vorobiev, E. I., Popov, S. A., Cheveleva, G. I., 1988. Russo. Mecânica dos Robôs Industriais. Vol. 2. Moscou: Vyschaya Chkola.

CONSTRUCTIVE ASPECTS OF A SUPERIOR LIMB ANTHROPOMORPHIC PROSTHESIS – A STUDY OF THE TRANSMISSIONS AND DRIVERS

***Abstract.** Recent works show that anthropomorphism is one of the main factors to be considered on the design of upper limb prosthesis . As a consequence, the reproduction of the movements and shapes of the human fingers became very important. It can be shown that it is possible to represent the fingers as a group of manipulator robots with a common base. Unfortunately, there are many available setups of these robots, and not all of them are appropriated for the construction of an artificial finger. A great task on the design of these robots is to build an efficient transmission system for the drivers and joints.*

This works presents a comparative study of the available transmission systems and drivers to be used on an upper limb prosthesis. The importance of this study is due to several design restrictions, related to weight, volume and anthropomorphism. Some robotics knowledge was used in this work. This paper, then, contributes to the study of the main constructive and mechanical aspects of anthropomorphic prostheses, considering the aesthetic factor, one of the main issue on the design of this kind of prosthesis.

***Keywords:** Upper limb prostheses, Anthropomorphic prostheses, Transmission and driving for prostheses, Robotics, Rehabilitation engineering.*