

DESENVOLVIMENTO DE UMA BOMBA PARA A CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA EXTRA-CORPÓREA

AFONSO HENRIQUES M. SANTOS
CARLOS AUGUSTO DE CAMARGO S. BATISTA

RESUMO

Este artigo descreve, sucintamente, o projeto e elaboração de um protótipo de bomba para realização da circulação sanguínea extra-corpórea. O trabalho foi realizado na EFEI, com a colaboração da Faculdade de Medicina de Itajubá.

ABSTRACT

This paper describes, succinctly, the design and construction of a prototype of pump to circulate the blood out-body. The work was made in the EFEI, with the Faculdade de Medicina de Itajubá collaboration.

I - INTRODUÇÃO.

Desenvolveu-se nos laboratórios do Instituto de Engenharia Mecânica, da Escola Federal de Engenharia de Itajubá, o protótipo de uma bomba para a circulação de sangue extra-corpórea.

A idéia original era a construção de mini-bomba centrífuga. Este projeto, logo abandonado, apresentava dois problemas: o primeiro era o do projeto, propriamente, que, por causa das dimensões, poderiam fugir das técnicas usuais; o segundo era o da construção e montagem da mesma, que necessitava de processos mais modernos de usinagem dos que estavam à disposição.

A vantagem da bomba centrífuga é a de simplicidade e confiabilidade. Mas,

por outro lado, o fluxo seria praticamente constante distanciando totalmente das características de funcionamento da bomba natural, ou seja: o coração. Daí surgiu a idéia de se construir uma bomba, que simulasse, o melhor possível, o coração. Obviamente seria uma bomba de deslocamento positivo. Acredita-se que esta característica permita maior tempo de circulação extra-corpórea, tendo-se conhecimentos de estudos nesta área.

Esta primeira parte apresenta as características básicas do projeto da bomba, bem como detalhes construtivos da mesma. Finalmente, mostra os primeiros resultados experimentais de funcionamento.

É importante ressaltar que esse é

* Além dos autores do artigo, fazem parte do grupo que desenvolveu o protótipo, o acadêmico da EFEI, Luiz Carlos Silveira e Benedito Olinto Martins, funcionário da oficina Mecânica da EFEI.

o primeiro protótipo e que na construção do mesmo usou-se material disponível, que, na maioria das vezes, não era o ideal. Pretende-se, agora, construir o protótipo nº 2, e para isso, pleitear-se-á, junto à Comissão de Pesquisas da EFEI, recursos financeiros.

II - ASPECTOS DO PROJETO.

A bomba poderia ser dividida em duas partes distintas: cabeça e corpo. A primeira é a bomba propriamente dita e a segunda se compõe do sistema acionante.

A cabeça é toda em acrílico, com pondo-se do tubo de entrada-saída e da câmara de bombeamento. É no tubo de entrada-saída que se encontram as válvulas (entrada-saída). Essas são do tipo "ball-cage" (bola-gaiola), que é para uso interno, em substituição às válvulas cardíacas. A fixação das válvulas é feita através de flanges, diferentes se para entrada ou saída.

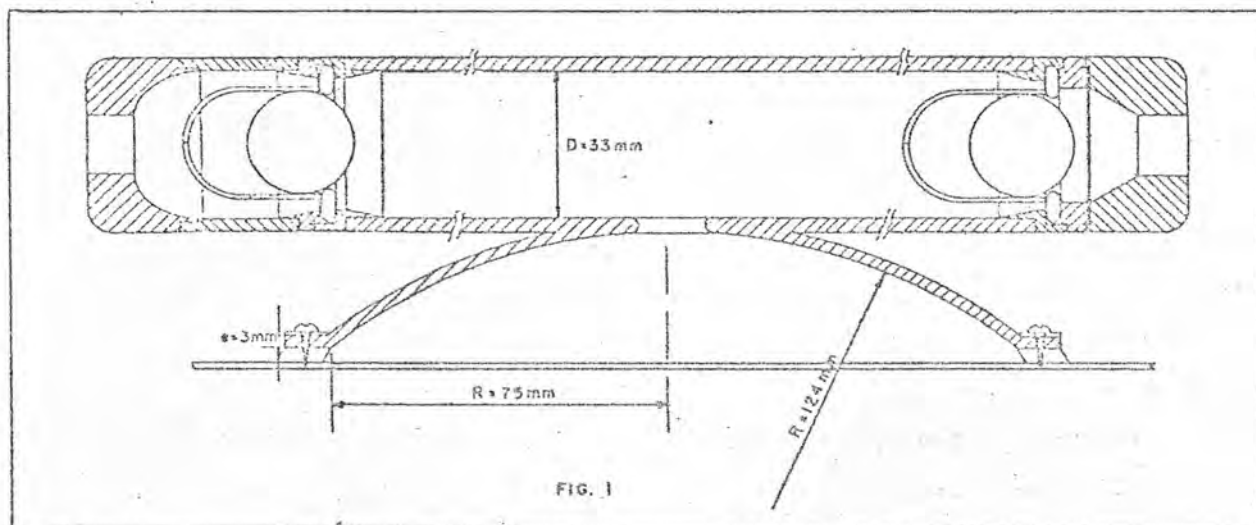
A preocupação foi constante no que diz respeito às concordâncias, pois evitar turbulências é fundamental para a não ocorrência de hemólise (morte de hemácias).

A câmara de bombeamento se compõe de uma calota esférica, interligada ao tubo entrada-saída pela parte superior, fechada na parte inferior por uma membrana elástica, de material inerte, que é o diafragma. Este, ao ser comprimido, adapta-se perfeitamente à calota, bombeando o sangue.

O volume da câmara de bombeamento é de 240 ml, mas, como se verá adiante, pode-se bombear uma fração deste volume.

O retorno do diafragma deveria ser pelo efeito elástico da mesma. Mas isto não ocorreu por causa da espessura exagerada da membrana, que, ao ser fixada, abaulou-se. Portanto, foi necessário fixá-la ao sistema acionante.

A figura 1 mostra, sucintamente, as características básicas da cabeça da bomba.



O corpo da bomba é onde se encontra o sistema acionante. É justamente esse o ponto que apresenta maior criatividade, pois a tendência normal era adotar um acionamento elétrico. Poderia, por exemplo, ter sido utilizado motor-reductor com um excêntrico ligado à calota de alumínio que comprime o diafragma da cabeça. Para essa hipótese apresentaram-se as seguintes negativas:

- O tamanho e custo seriam elevados;
- O tempo de sístole e diástole não podem ser ajustados facilmente, nem em conjunto e ainda menos separadamente;
- para se ter confiabilidade, seria necessário um sistema armazenador de energia elétrica, o que aumentaria os custos.

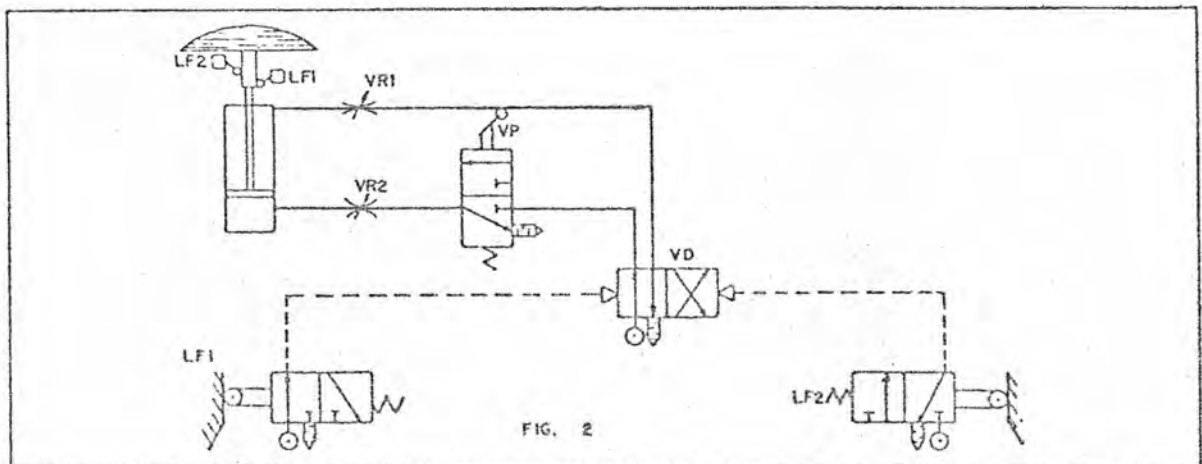
Uma outra hipótese seria o uso de um eletro-ímã com retorno por mola, comandado eletronicamente. Essa solução é a princípio boa, pois o controle eletrônico permite um fácil ajuste do tempo de sístole e diástole, mas a velocidade do eletro-ímã é de difícil ajuste em consequência da relação inversa quadrática entre o tamanho do "gap" e a força. Uma forma seria a utilização de uma câmara de amortecimento.

Esse sistema seria de razoável complexidade para execução. Também neste caso seria necessário o uso de acumuladores de energia elétrica.

Descartadas as hipóteses anteriores, passou-se a estudar a possibilidade do uso de acionamento pneumático. Finalmente, essa foi a escolhida, pois apresentavam as seguintes características básicas:

- Os componentes (válvulas, cilindro) se encontram com certa facilidade no mercado;
- A confiabilidade dos componentes é alta;
- O ajuste de velocidade é fácil e independente para sístole e diástole;
- Com o uso de silenciadores nos escapes o equipamento é bastante silencioso;
- pode-se projetar um reservatório que atenda ao consumo de ar durante um certo tempo sem energia elétrica, sendo que as válvulas reguladoras de vazão devem então ser ajustadas durante a operação para compensar a queda de pressão. Esse é um sistema confiável, simples e barato.

O esquema pneumático adotado é apresentado na figura 2.



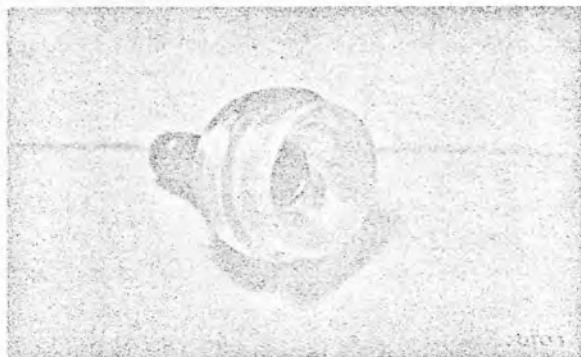
A utilização desse sistema favorece também o ajuste do volume deslocado. Para regulá-lo, basta ajustarem-se verticalmente as válvulas LF 1 e LF 2.

Outras características interessantes poderiam ser descritas, mas fogem ao escopo deste trabalho.

III - DETALHES CONSTRUTIVOS.

A parte da cabeça da bomba foi confeccionada toda em acrílico. Os tubos, bem como a calota, foram moldados a quente. Todas as soldas foram feitas com clorofórmio ou com uma mistura de raspa de acrílico e clorofórmio. Para a construção dos flanges, e demais encaixes das válvulas e terminais, foi necessário construir tarugas através da superposição de pedaços de chapas de acrílico, soldadas entre si, tendo em vista a disponibilidade, única, de chapas.

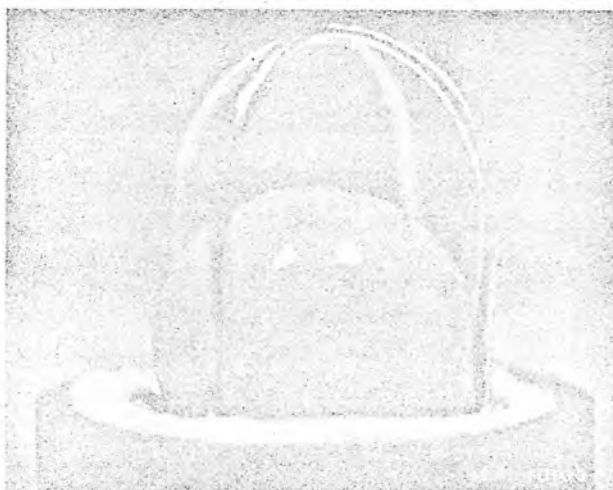
A cabeça foi fixada ao corpo por parafusos, que tinham também a finalidade de prender o diafragma.

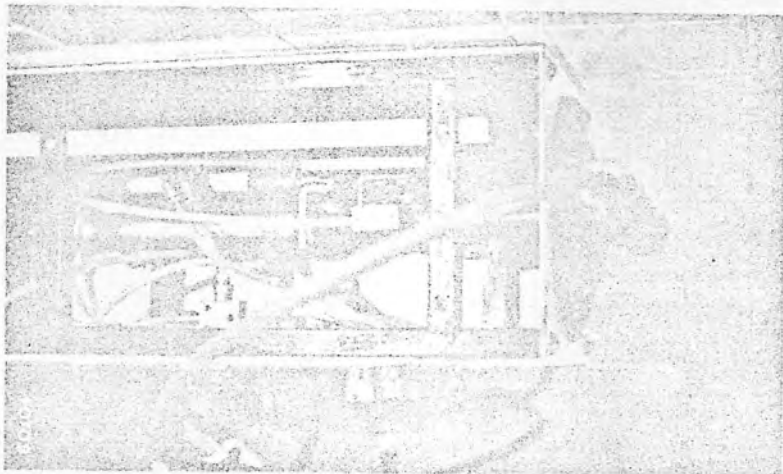
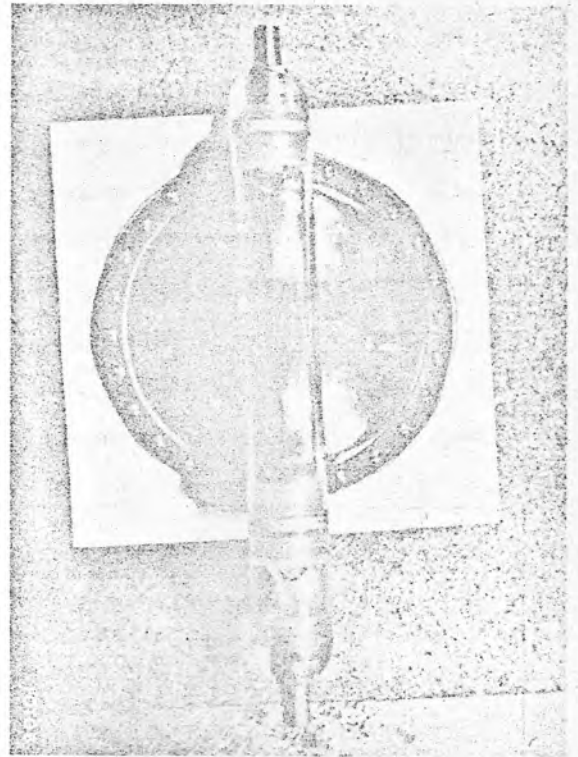
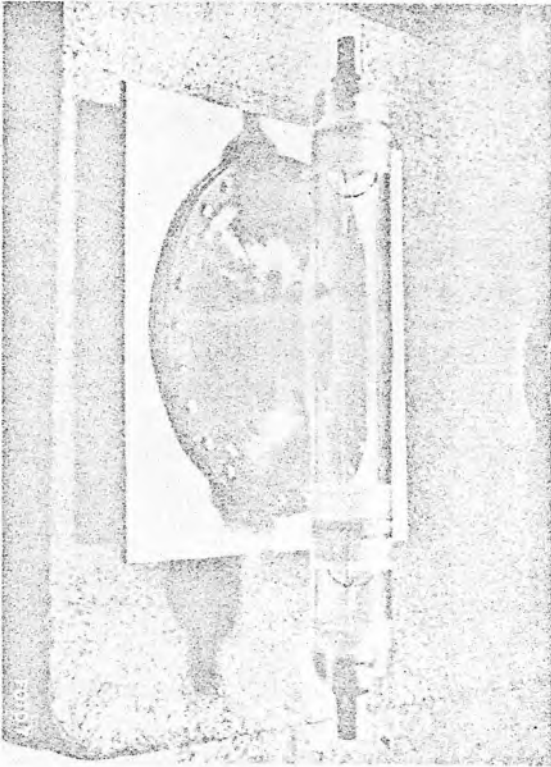
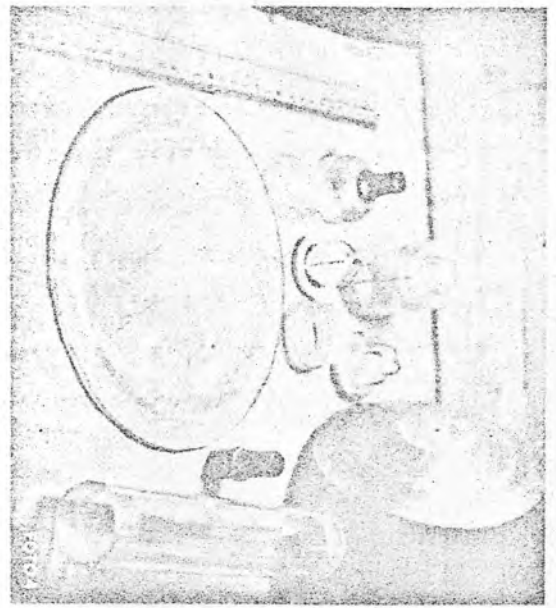
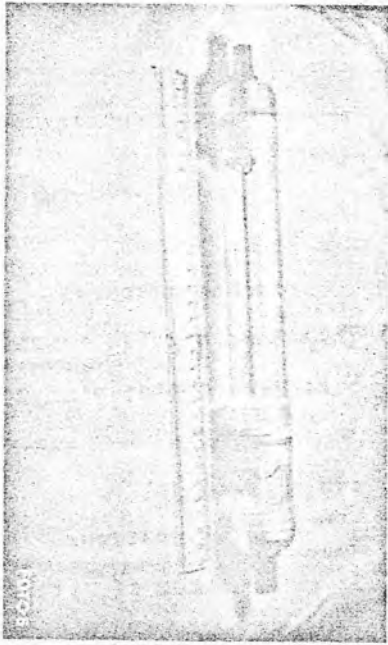


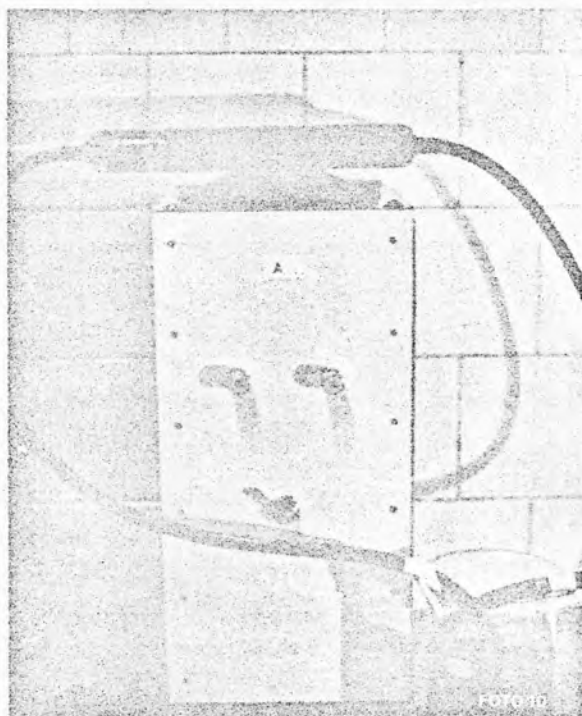
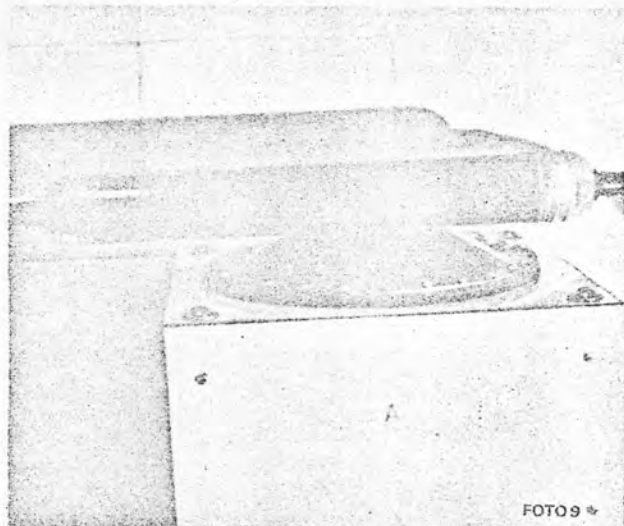
A foto 1 mostra a peça terminal junto com o engate para mangueiras. A foto 2 mostra um dos flanges para a fixação das válvulas. Observe a concordância interna nessas peças. A foto 3 apresenta a válvula "ball-cage", em destaque, juntamente com uma das peças de fixação.

Na foto 4, veem-se as peças da cabeça, algumas já montadas, outras não. No canto superior direito está a peça de alumínio, que, fixada ao cilindro pneumático, irá comprimir o diafragma, ajustando-se à calota de acrílico. O tubo de entra-saída pode ser visto já montado, na foto 5. Finalmente, as fotos 6 e 7 mostram a cabeça já montada, sob dois ângulos diferentes.

O corpo da bomba se compõe de uma estrutura de Metalon com um suporte de madeira, no qual estão colocados os componentes pneumáticos. Esses componentes foram afixados por meio de trilhos, o que permite fácil ajuste, inclusive do volume deslocado. Afixada à parte superior da estrutura de Metalon se encontra a cabeça. A estrutura é fechada por chapas de fórmica parafusadas, e, externamente, se observam apenas os ajustes de sístole e diástole e a válvula de pa





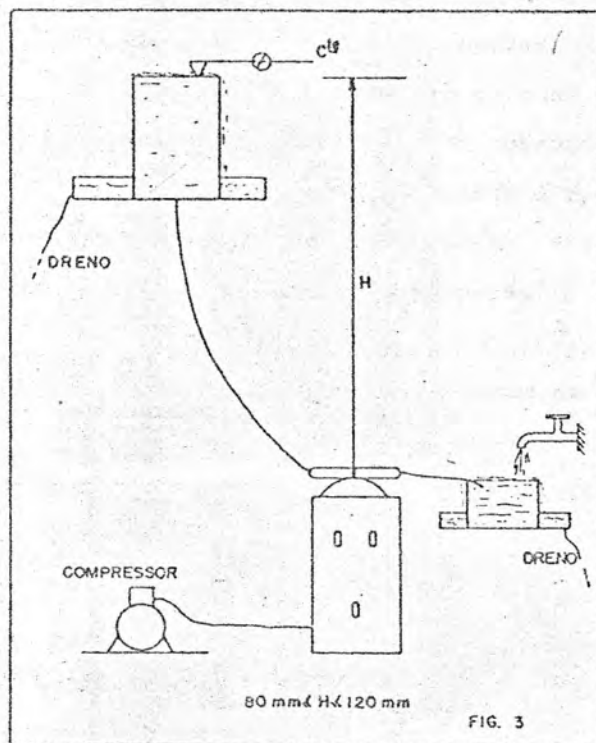


rada. A foto 8 mostra um aspecto interno do corpo da bomba, já montada. Na foto 9, observa-se a montagem do corpo sobre a cabeça, e na foto 10 tem-se uma visão total da bomba.

Nas fotos 8, 9 e 10 a bomba estava operando em teste, obtendo-se resultados que serão descritos a seguir.

IV - TESTES PELIMINARES.

A bomba foi testada, inicialmente, com água, utilizando-se de o seguinte banco de testes:



Obviamente, este banco não simula perfeitamente o corpo humano, no que diz respeito à pressão, por causa da resistência periférica ser diferente. Daí permite-se variar H para se alcançar a máxima pressão.

Os resultados foram satisfatórios, mas, observou-se que seria necessário um cilindro de maior diâmetro do que o utilizado.

Problemas no retorno do diafragma foram desenvolvidos para o protótipo número 2.

Os ensaios com sangue estão sendo realizados na Faculdade de Medicina de Itajubá, sendo que os primeiros resultados (fotos 8, 9 e 10) foram os seguintes:

- Características do teste -

1. tempo de funcionamento = 6 horas
2. fluxo pulsátil = 100 ml/segundo
3. frequência = 20 pulsos por minuto
4. sangue utilizado = O⁺ heparinizado diluído em solução de Ringer.

- Observações -

1. não houve registro de hemólise
2. encontrado, após as 6 horas, trombo aderido às válvulas, principalmente na de entrada.

- Conclusões -

1. Os motivos prováveis do trombo podem ser reação do sangue com as paredes, ou membrana, pois a bomba não foi, previamente, siliconizada ou, então, o impacto da bola na gaiola, o que é menos provável, pois a mesma é para uso interno.

V - FINALIZAÇÃO.

Têm-se que ressaltar que este é o primeiro protótipo, e espera-se para este ano a construção do segundo, talvez com inovação nas válvulas.

Têm-se que agradecer, ainda, aos professores Elias Kallás e Expedito Magalhães Ribeiro, da FMIT, José Eugênio Rios Ricci e Zulcy de Souza, da EFEI, pelo apoio moral, material e científico dados ao trabalho. Aos que não foram citados, fica, também, o agradecimento.