

## Circulação Assistida Mecânica como Ponte para o Transplante Cardíaco

Paulo M. Pêgo-Fernandes, Noedir A. G. Stolf, Adolfo A. Leirner, Luiz Felipe P. Moreira, Adib D. Jatene

São Paulo, SP

A assistência circulatória mecânica (ACM) tem sido utilizada em casos de choque cardiogênico por várias afecções, após cirurgia cardíaca por disfunção ventricular, e nos casos de cardiomiopatia terminal com instabilidade hemodinâmica. Esta última condição, quando há indicação para transplante (Tx) se denomina “ponte para transplante”. A população de potenciais candidatos a esse tipo de terapêutica é muito grande. Estima-se, a partir da incidência de infarto do miocárdio na população e da mortalidade desses pacientes por falência cardíaca, que nas Américas, Europa e Japão, existem 500.000 candidatos a ACM. A falência miocárdica grave após cirurgia cardíaca, que foi de 10% e hoje caiu para 1%, também se constitui em número considerável de pacientes <sup>1</sup>. Dos pacientes em fila de espera para Tx em estudo cooperativo americano 25% morrem antes que se consiga um doador. Boa parte deles tem morte por descompensação cardíaca e poderia se beneficiar da ACM.

### Histórico

O primeiro avanço científico de importância para a circulação assistida foi o desenho de De Bakey de uma bomba de roletes <sup>2</sup>.

Em 1957 Stuckey e col <sup>3</sup> utilizaram com sucesso, uma máquina de circulação extracorpórea para dar suporte a um paciente em choque cardiogênico por infarto agudo do miocárdio. Esse paciente viveu por mais 23 anos, mostrando que a sobrevivência a longo prazo após o uso de suporte mecânico é possível.

Em 1963, Spencer e col <sup>4</sup> iniciaram a era do suporte circulatório mecânico para falência ventricular pós-cirurgia cardíaca, ao utilizarem esse tipo de terapêutica pós correção de fístula aórtica-cavitária.

Outro marco histórico foi o desenvolvimento do balão intra-aórtico proposto por Mouloupoulos e Kolff em 1962 e implantado clinicamente em 1967 por Kantrowitz e col <sup>5</sup>.

Em 1969 Cooley e col <sup>6</sup> utilizaram pela primeira vez um coração artificial mecânico como “ponte” para Tx cardíaco. Os autores chamaram inicialmente esse procedimento de “substituição do coração em estágios”. Nessa ocasião, eles utilizaram um coração artificial

desenhado por Liotta em caso de aneurismectomia de VE após a qual o coração do paciente não conseguia manter condições hemodinâmicas adequadas sem o uso da circulação extracorpórea. Esse ventrículo artificial manteve o doente por 64h até que foi realizado o Tx. O paciente faleceu devido a pneumonia 32h após ser transplantado.

Na segunda “ponte” para Tx realizado pelo mesmo grupo em 1978 <sup>7</sup>, um paciente operado de troca de valvas aórtica e mitral e um reparo de uma fístula aórtica-ventrículo direito, apresentou uma contratatura cardíaca isquêmica (*stone heart*) sendo suportado por ventrículo artificial durante 5 dias quando um Tx cardíaco e renal foram realizados. Esse paciente faleceu de necrose tubular aguda e múltiplas perfurações ileais no 14º dia pós-transplante. Na “ponte” seguinte para Tx em 1981, Cooley e col implantaram um coração artificial pneumático em um homem que apresentou falência biventricular após uma revascularização do miocárdio. Com 53h de instalação do coração artificial, o paciente recebeu o Tx. Esse doente morreu 7 dias mais tarde por septicemia e falência de múltiplos órgãos <sup>8</sup>.

Exceto esses três eventos realizados pelo mesmo grupo, nenhum outro grupo realizou “ponte” para Tx nesse período. Muitas pontes foram feitas inicialmente com o uso de balão intra-aórtico <sup>9</sup>. A primeira “ponte” para Tx com uso de coração artificial, bem sucedida, foi realizada em 1985 por Emery e col <sup>10</sup>.

Nos últimos anos o uso da ACM como ponte para Tx tornou-se mais freqüente. O último registro internacional coletou 551 casos cujos resultados serão analisados posteriormente.

### Dispositivos de ACM

Vários dispositivos de ACM foram desenvolvidos e apresentam vantagens e desvantagens. Eles podem ser agrupados em vários tipos, como em:

#### 1. Dispositivos em série - Regime de contrapulsção -

Por definição, contrapulsção é um método de assistência circulatória, em série com o coração, que cria um aumento da pressão arterial durante a diástole (aumento diastólico) resultando num maior esvaziamento da aorta neste período. As conseqüências fisiológicas são menor pressão diastólica final da aorta, diminuindo a sollicitação miocárdica na sístole seguinte e pressão arterial diastólica e média maior, melhorando a perfusão tecidual especialmente coronariana. Devido ao fato que a contrapulsção trabalha em série com o coração natural, há necessidade que estes dispositivos sejam supridos por ele. São, portanto, dependentes de um

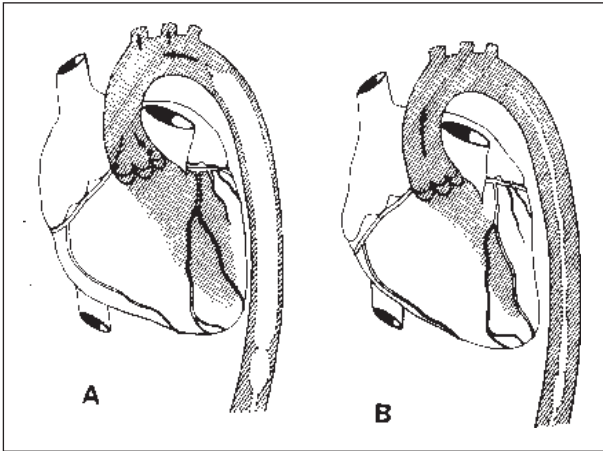


Fig. 1 - A) Balão intra-aórtico inflado durante a diástole; B) desinflado na sístole. As setas mostram o sentido do fluxo sanguíneo.

débito cardíaco mínimo, não funcionando em fibrilação ventricular, assistolia ou débito muito baixo.

O conceito que teve mais sucesso dentro da estratégia de contrapulsção é o balão intra-aórtico (fig. 1). Foram usados com menor sucesso o *patch* dinâmico aórtico e o ventrículo avalvulado.

**2. Dispositivos em paralelo - Fluxo contínuo** - a) axiais: o fluxo de sangue é paralelo ao eixo de rotação da bomba. Nesta categoria o dispositivo mais usado é a hemobomba, pequena turbina intra-aórtica introduzida por via vascular periférica, que girando a cerca de 25.000 rotações por minuto aspira o sangue do ventrículo esquerdo, ejetando-o na aorta. É capaz de um débito de 3l/min em regime pressórico de 100mmHg (fig. 2). Ainda está em fase de aperfeiçoamento e é testado pelo grupo do *Texas Heart Institute*, apresentando resultados clínicos iniciais promissores <sup>11</sup>. No momento só é utilizado em assistência ventricular esquerda; b) centrífugos: o fluxo de sangue tende a ser radial e centrífugo em relação ao eixo de rotação. As mais conhecidas são a *Biomedicus*<sup>R</sup> nas bombas sem pás e a *Sarns*<sup>R</sup> com pás. Em geral são acionadas por

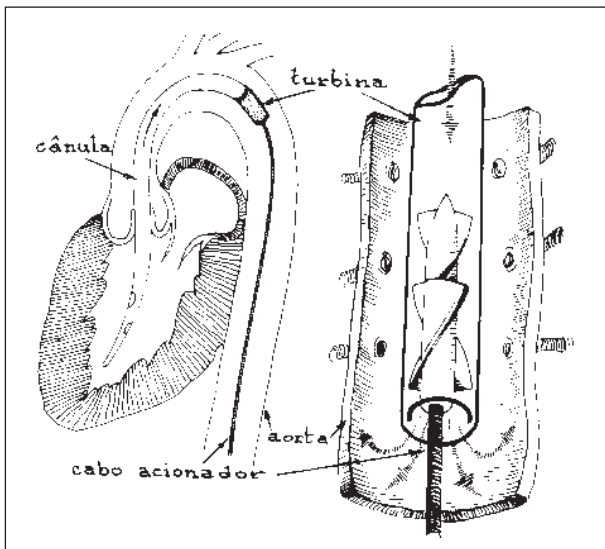


Fig. 2 - Hemobomba posicionada no ventrículo esquerdo.

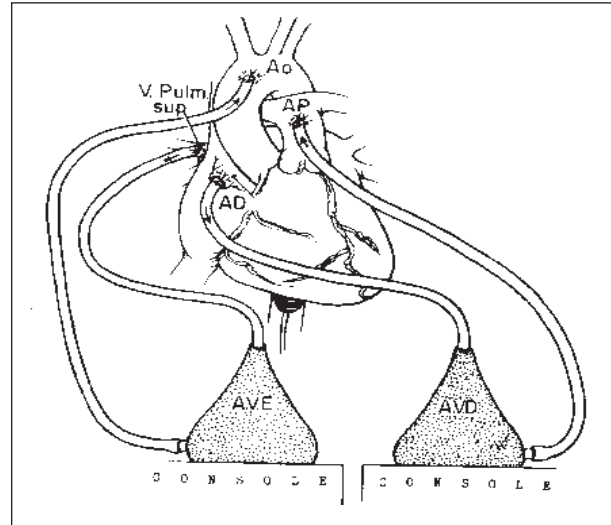


Fig. 3 - Assistência biventricular com bomba centrífuga. AD- átrio direito; AP- tronco pulmonar; AO- aorta; V Pulm Sup- veia pulmonar superior; AVE- assistência ventricular esquerda; AVD- assistência ventricular direita.

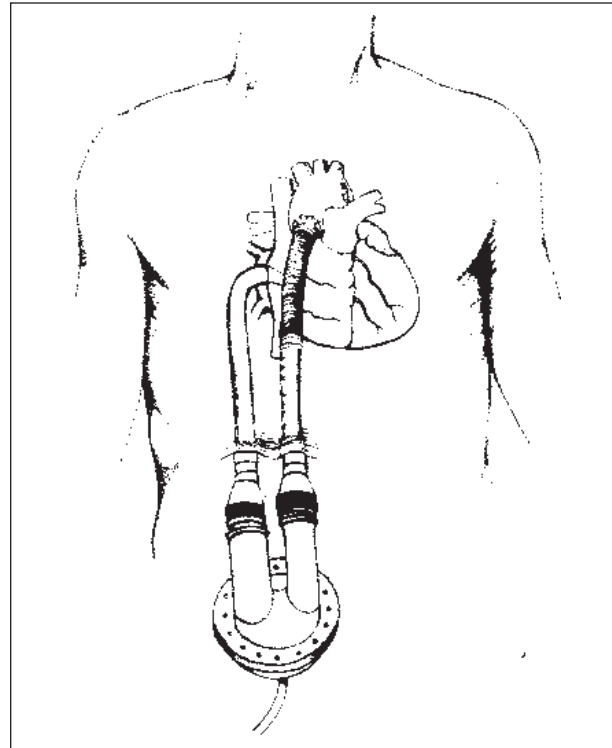


Fig. 4 - Dispositivo de assistência ventricular Incor, em assistência ventricular esquerda.

acoplamento magnético isolando o sangue do paciente do sistema propulsor. Estas bombas de fluxo contínuo têm várias vantagens sobre os sistemas pulsáteis, como o fluxo unidirecional sem o uso de válvulas, a possibilidade de usarmos tubulações mais finas pela ausência de pulso e, como o sangue desliza suave e continuamente através do dispositivo, as complicações trombóticas e hemolíticas são pouco frequentes <sup>11-13</sup> (fig. 3).

**3. Dispositivos em paralelo - Fluxo pulsátil** - a) membrana livre: a propulsão do sangue é efetuada por uma membrana que é deslocada por ar comprimido. Como

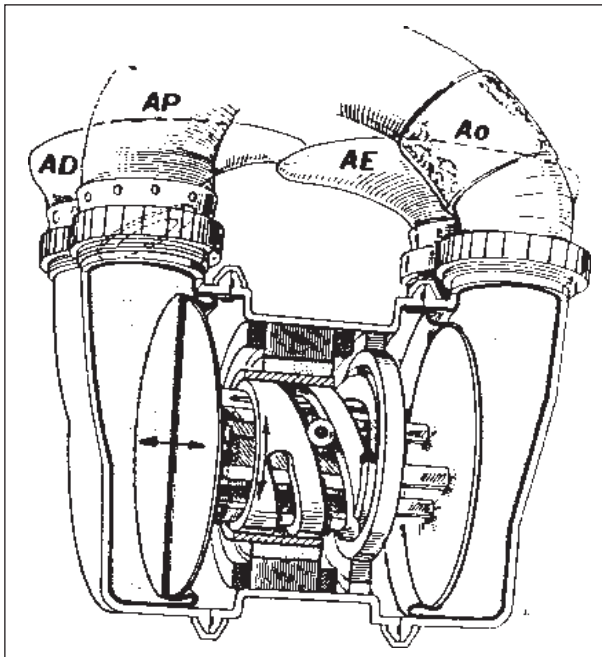


Fig. 5 - Coração artificial total eletromecânico. AD- átrio direito; AE- átrio esquerdo; AO- aorta; AP- tronco pulmonar.

exemplo citamos o coração artificial total (CAT) *Jarvik-7*, o dispositivo de assistência ventricular (DAV) *Pierce-Donachy (Thoratec)*<sup>14</sup> e o DAV *Incor*<sup>15</sup> (fig. 4). Os DAV desta categoria são de implantação mais difícil, pois requerem para cada ventrículo assistido a passagem de uma cânula para dentro da cavidade. Em geral são usados na posição paracorpórea; b) *pusher-plate*: a membrana que propulsiona o sangue é acionada por uma placa rígida aderida a ela. Proporciona um controle maior da situação da bomba dentro do ciclo ejetivo e o uso de acoplamento mecânico mais definido entre a energia propulsora e a membrana. Nesta categoria os DAV e CAT mais usados são os eletromecânicos (DAV *Novacor*<sup>®</sup>, DAV *Thermedics*<sup>®</sup>, CAT *Penn State* (fig. 5), CAT *Nimbus-Cleveland*) e os eletro-hidráulicos (CAT *Kolff-Utah*). Os dispositivos deste grupo permitem uma implantação mais fácil, pois a energia elétrica pode ser levada para dentro da cavidade escolhida (abdominal ou torácica) por intermédio de um cabo elétrico fino em contraposição às mangueiras pneumáticas dos dispositivos de membrana livre. Nos modelos mais recentes a bateria fica na cintura e aciona o dispositivo por radiofrequência.

#### 4. Mecanismo de ação e escolha dos dispositivos -

Os benefícios da ponte para Tx são os seguintes: a) preservam a vida: melhoram as condições hemodinâmicas em pacientes que não conseguiriam sobreviver na espera do transplante; b) o período de estabilização fisiológica durante a ponte, permite a melhora funcional do paciente afetado pela falência cardíaca terminal. Este fato aumenta a chance de sobrevivência após o transplante. Pela recente conduta com dispositivos modernos de exercitar pacientes em ponte, estes, às vezes apresentam condicionamento físico melhor que antes da doença; c) auxilia na remoção de contra-in-

dicações médicas para o Tx, revertendo falências orgânicas, como insuficiência renal ou hepática, incluindo pacientes anteriormente não transplantáveis no grupo de receptores; d) na emergência da falência do coração após cirurgia cardíaca, a ponte pode ser a única opção de sobrevida do paciente; e) na rejeição aguda ou falência do enxerto dos receptores de Tx cardíaco, as pontes podem mantê-los vivos, aguardando novos doadores.

Em tese, todo portador de baixo débito grave, deveria ser submetido à assistência circulatória. Porém vários desses procedimentos são de alto custo, de difícil manuseio e fonte de complicações inerentes à própria assistência. Por todos esses fatos, é que se realiza uma triagem prévia dos doentes para se decidir do uso ou não de assistência circulatória, bem como o tipo de dispositivo que deva ser empregado.

Os dispositivos mais simples como o BIA têm baixo custo, são de fácil inserção, porém, exigem uma reserva mínima de função cardíaca. Difícilmente o balão permite manter pacientes em grave falência circulatória na espera do Tx.

Os dispositivos como a bomba centrífuga tem custo intermediário, aceitável e permitem estabilização circulatória de qualquer grau de falência cardíaca. O seu implante, no entanto, já exige toracotomia e mais que isso, para períodos mais longos, como são habituais nas pontes para Tx, a frequência de complicações é alta. Em nossa experiência a bomba centrífuga tem seu período mais seguro limitado a 4-5 dias.

Mais adequados para as pontes para Tx são os ventrículos DAV ou corações artificiais (CAT). Estes apresentam vantagens e desvantagens sobre os primeiros. Os modelos pneumáticos como o *Thoratec* ou *Incor* são paracorpóreos (ou externos) com o inconveniente de manterem os tubos saindo pela pele e aumentando os riscos de infecção. Os modelos, eletromecânicos tipo *pusher-plate* são totalmente implantáveis contornando esse inconveniente. Todos eles exigem toracotomia para seu implante porém têm sido empregados com segurança inclusive por meses.

Podemos resumir as seguintes vantagens dos ventrículos artificiais em relação ao coração artificial total: o coração natural permanece no local com potencial de se recuperar; são úteis em grande número de falências isoladas de ventrículo esquerdo; podem ser usados em pacientes pequenos; tornam o implante mais fácil e seguro.

As desvantagens dos ventrículos artificiais são: necessidade de mais cânulas percutâneas em sistemas puramente pneumáticos, especialmente quando paracorpóreos. Os dispositivos elétricos implantáveis eliminaram essa desvantagem; porém são mais difíceis de se operar e as cânulas de entrada e saída são fatores limitantes do débito.

#### Resultados da Experiência Internacional

O último registro combinado da Sociedade Internacional de Transplante de Coração-Pulmão (ISHLT) e da Sociedade Americana de Órgãos Internos Artificiais (ASAIO) mostra que 1638 pacientes

receberam um sistema de circulação assistida mecânica até dezembro de 1991, com todos tipos de indicação<sup>12</sup>; cujos resultados estão na tabela I.

Notamos que as bombas centrífugas são as mais utilizadas por períodos curtos. O coração total apresenta bons resultados em períodos curtos, porém, em períodos maiores os ventrículos artificiais são superiores pelos dados atuais. Em relação a indicação de ponte para transplante, no Encontro da ASAIO em New Orleans em abril de 1993 havia 551 pacientes e os resultados piores encontram-se nas tabelas II, III, IV e V.

Notamos que a assistência ventricular direita isolada é rara e excluindo-a o índice de pacientes que vão a transplante é semelhante para todos os procedimentos, porém os pacientes com CAT tiveram resultados piores, talvez pelos problemas já citados.

Notamos que os dispositivos pneumáticos são mais utilizados e tem maior índice de pacientes transplantados. As bombas centrífugas têm mais baixo índice de alta hospitalar.

Verifica-se que a duração do suporte circulatório não influencia a sobrevida a longo prazo uma vez realizado o

**Tabela I - Implantes em geral: dispositivos e duração.**

	Nº de pacientes	% de retirada	% de alta hospitalar
<b>Duração de suporte &lt;30 dias</b>			
Bomba centrífuga	707	45,0	24,5
DAV elétrico	35	42,9	37,1
DAV pneumático	401	45,6	27,4
CAT pneumático	99	76,8	41,4
<b>Duração de suporte &gt;60 dias</b>			
Bomba centrífuga	4	50,0	25,0
DAV elétrico	17	70,5	64,7
DAV pneumático	22	81,8	72,2
CAT pneumático	10	60,0	20,0

**Tabela II - Resultados de pontes por tipo de assistência**

	Pacientes	Transplantados	Alta Hospitalar (*)
AVE	166	119 (71,75)	107 (89,9%)
AVD	5	2 (40,0%)	0 (0,0%)
ABV	155	104 (67,1%)	70 (67,3%)
ABV híbrido	34	12 (35,3%)	6 (50%)
CAT	191	135 (70,7%)	66 (48,9%)
Total	551	372 (67,5%)	249 (45,2%)

AVE- assistência ventricular esquerda; AVD- assistência ventricular direita; ABV- assistência biventricular; CAT- coração artificial total; (\*)- os percentuais de alta são relativos ao nº de pacientes transplantados.

transplante (tab IV).

### Considerações Finais

A prática atual do Tx cardíaco defronta-se com o grave problema da relativa escassez de doadores. Entre 20 a 40% dos receptores morrem na fila de espera sem que se

**Tabela III - Resultados das pontes por tipo de dispositivo utilizado: em assistência ventricular esquerda.**

Dispositivos	Nº de pacientes	transplantados %	Alta hospitalar %
Bomba centrífuga	22	72,7	81,3
DAV elétrico	64	68,8	90,9
DAV pneumático	80	73,8	93,1

**Tabela IV - Prognóstico pós-transplante e duração da ponte**

Tempo de ponte	Sobreviventes 24 meses após Tx
> 30 dias	62,0%
< 30 dias	60,5%

**Tabela V - Complicações dos pacientes: em pontes; não transplantados (não TC); transplantados sem alta (TC/não alta); transplantados com alta hospitalar (TC/alta).**

Todos	Não TC	TC/não alta	TC/alta	
Complicações	551	179	123	249
	%	%	%	%
Sangramento	38	54	40	25
Insuficiência renal	20	50	19	8
Hemólise	9	12	12	6
Tromboembolismo	17	25	9	15
Falência mecânica	13	26	9	5
Infecção	23	30	23	18
Neurológicas	8	13	8	3

consiga o Tx. Parte desses, apresentam morte por falência circulatória progressiva com tempo suficiente para que medidas de complexidade variável possam ser tomadas. Para esse tipo de paciente a ACM é a única possibilidade de sobrevida na espera de um doador.

### Referências

1. Unger F - The present status of assisted circulation. Introduction. In: Unger F ed - Assisted Circulation 3. Berlin, Heildberg, Springer-Verlag 1989; 1-4.
2. DeBaakey ME - A simple continuous flow blood transfusion instrument. New Orleans Med Surg J 1934; 87: 386-9.
3. Stuckey JH, Newman MM, Dennis C et al - The use of the heart-lung machine in selected cases of acute massive myocardial infarction. Surg Forum 1957; 3: 342-4.
4. Spencer FC, Eiseman B, Trinkle JK, Rossi NP - Assisted circulation for cardiac failure following intracardiac surgery with cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg 1965; 49: 56-60.
5. Kantrowitz A, Tjonneland S, Freed PS, Philips SJ, Butner AN, Sherman JL - Initial clinical experience with intraaortic balloon pumping in cardiogenic shock. JAMA 1968; 203: 113-8.
6. Cooley DA, Liotta D, Hallman GL, Bloodwell RD, Leachman RD, Millam JD - Orthotopic cardiac prosthesis for two staged replacement. Am J Cardiol 1969; 24: 723-30.
7. Norman JC, Cooley DA, Kahan BD et al - Total support of the circulation of a patient with postcardiotomy stone heart syndrome by a partial artificial heart for 5 days followed by heart and kidney transplantation. Lancet 1978; 1: 1125-7.
8. Cooley DA, Akutsu T, Norman JC, Serrato MA, Frazier OH - Total artificial heart in two staged cardiac transplantation. Cardiovasc Dis Bull Texas Heart Inst 1981; 8: 305-19.
9. Reemstma K, Drusin R, Edie R, Bregman D, Dobelle W, Hardy M - Cardiac transplantation for patients requiring mechanical circulatory support. N Engl J Med 1978; 298: 670-5.

10. Emery RW, Levinson MM, Incenogle TB et al - Selection of patients for cardiac transplantation. *Circulation* 1987; 75: 2-9.
  11. Frazier OH, Radovancevic B - Ventricular assist devices. In: *Cardiac Surgery: State of the Art Reviews* 4 (2). Philadelphia, Hanley & Belfus 1990; 335-47.
  12. Pêgo Fernandes PM, Moreira LFP, Auler-Jr JOC, Stolf NAG, Oliveira SA, Jatene AD - Assistência circulatória com bomba centrífuga no pós-operatório de cirurgia cardíaca. *Rev Soc Cardiol ESP* 1992; 2(supl B): 68.
  13. Pêgo Fernandes PM, Moreira LFP, Stolf NAG et al - Assistência circulatória com bomba centrífuga no pós operatório de cirurgia cardíaca. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 1991; 6: 104-8.
  14. Donachy JH, Landis DL, Rosenberg G, Prophet GA, Ferrari O, Pierce WS - Design and evaluation of a left ventricular assist device: The angle for pump. In: Unger F, ed - *Assisted Circulation*. Berlin-Heildeberg, Springer-Verlag 1979; 138-46.
  15. Oshiro MS, Hayashida SA, Leirner AA, Jatene AD - Sistema de acionamento pneumático, controle e monitorização em dispositivos de assistência ventricular. *Rev Bras Eng* 1990; 7: 8-11.
  16. Aufiero R - Comunicação Planetária. *ASAIO-39th Annual Meeting*. New Orleans, 1993.
-