

Luciano de Paula

Rodrigo Bellizia Polastro

Rodrigo de Barros Cunha

nota final
8,0 (oit)

hAm

Desenvolvimento de um Manipulador para ROV Submarino

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Título de
Engenheiro.

Luciano de Paula

Rodrigo Bellizia Polastro

Rodrigo de Barros Cunha

Desenvolvimento de um Manipulador para ROV Submarino

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Título de
Engenheiro.

Área de concentração:
Engenharia Mecatrônica

Orientador:
Prof. Dr. Julio Cezar Adamowski

São Paulo
2006

Luciano de Paula

Rodrigo Bellizia Polastro

Rodrigo de Barros Cunha

Desenvolvimento de um Manipulador para ROV Submarino

TF-06
P757d

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600012468

FICHA CATALOGRÁFICA

1574275

Polastro, Rodrigo Bellizia

**Desenvolvimento de um manipulador para ROV submarino /
R.B. Polastro, L. de Paula, R. de B. Cunha. -- São Paulo, 2007.
81 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de
Sistemas Mecânicos.**

**1.Robótica 2.Manipuladores mecânicos I.Cunha, Rodrigo de
Barros II.Paula, Luciano de III.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de
Sistemas Mecânicos IV.t.**

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Julio Cezar Adamowski por sua orientação e pelo conhecimento que nos foi transmitido durante a execução deste trabalho.

Aos técnicos Adílson Fernandes Felix Filho e Gilberto Garcia pela competência demonstrada na usinagem das peças e pelas alternativas discutidas.

Aos amigos Andres Choi, Erick Wakamoto Takarabe, Fausto Kenzo Chinen, Paulo Augusto Leite de Paiva Castro, Paulo Roberto Godoi de Oliveira, Ramon Vieira Canales, Renato Gonçalves de Freitas, Sandro Luis Vatanabe pela colaboração, assistência, paciência, sugestões e palpites (mesmo que nem sempre bem fundamentados).

E aos familiares pela paciência, apoio, compreensão pelas excessivas horas-extras gastas na Poli e pelos expressivos dotes culinários apresentados nas macarronadas.

"A imaginação é mais importante que o conhecimento."

— Albert Einstein

Resumo

Esse trabalho apresenta o projeto e a implementação de um protótipo de um manipulador de três graus de liberdade mais um efetuator intercambiável para executar tarefas de coleta de amostras em ambiente submarino. O manipulador é constituído por um mecanismo com articulações (duas juntas de rotação) e um braço telescópico (junta prismática), segundo um sistema de coordenadas esféricas. Ele é controlável à distância por um usuário através de um *joystick* conectado a um computador. A composição dos movimentos é realizada através de atuadores hidráulicos acionados por válvulas solenóides comandadas por relés ligados a um microprocessador JackRabbit BL1800. A comunicação do mesmo com o computador do usuário é feita através da porta serial, utilizando-se o protocolo RS232. O manipulador é alimentado com baterias de chumbo-ácido. A eletrônica do manipulador e as baterias estão acondicionadas em um vaso de pressão vedado.

Abstract

This work consists on the design of a manipulator, coupled to a underwater ROV, for collecting soil samples. The mechanism is a 3-DOF hydraulic robotic arm, with an interchangeable grip. It has two revolute joints and a prismatic one, defining a spherical workspace. It is remote-controlled through a joystick connected to a PC. The commands from the joystick are processed and then sent, via RS232 protocol, to a JackRabbit microcontroller embedded in the ROV. The JackRabbit switches relays that turn on and off solenoid valves designated to control the hydraulic pistons. The system is powered by a 12V DC lead-acid battery. Ultimately, the electronics are stored in a sealed pressure vessel.

Lista de Figuras

2.1	ROV submarino.	2
2.2	Garra e junta telescópica.	3
2.3	Juntas rotativas.	4
3.1	Posicionamento do manipulador.	5
3.2	Sistemas de coordenadas esféricas.	5
3.3	Tubo de amostra.	6
3.4	Topologias de mecanismos de garra para manipuladores.	7
3.5	Mecanismo da garra.	7
3.6	Coletor de espécimes marinhos.	8
4.1	Êmbolo do pistão rotativo.	13
5.1	Dimensões principais dos pistões lineares.	17
5.2	Dimensões principais dos pistões rotativos.	17
6.1	Circuito hidráulico de controle.	19
6.2	Adaptação do circuito.	19
6.3	Circuito montado.	19
7.1	Sistema de Controle	20
7.2	Interface de operação do manipulador.	21
7.3	JackRabbit.	22
7.4	Placa de relés	22
7.5	Diagrama de controle	23
7.6	Vaso de pressão para marinizar a eletrônica.	24
8.1	Protótipo terminado.	28
8.2	Protótipo.	28

8.3 Manipulador.	29
8.4 Pistão rotativo.	29
8.5 Pistão do efetuator.	29
A.1 Ligações Elétricas	32

Lista de Tabelas

5.1	Análise comparativa entre os dois sistemas rotativos	16
5.2	Dimensões dos pistões lineares.	17
5.3	Dimensões dos pistões rotativos.	17
7.1	Análise de Consumo da Bateria.	23

Conteúdo

1	Introdução	1
2	Aspectos Gerais	2
2.1	ROV	2
2.2	Dimensões principais e grandezas envolvidas	3
3	Princípio de Funcionamento	5
3.1	Manipulador	5
3.2	Efetuadores	6
3.3	Garra	6
3.4	Efetuadores adicionais	6
4	Memorial de Cálculo	9
4.1	Lista de Símbolos	9
4.2	Dimensionamento dos pistões lineares	10
4.2.1	Cálculo dos êmbolos	10
4.2.2	Cálculo dos cilindros	11
4.2.3	Cálculo das hastes	12
4.3	Dimensionamento dos pistões rotativos	13
4.4	Resultados	14
5	Atuadores	15
6	Circuito Hidráulico	18
7	Sistema de Controle	20

7.1	Operação	20
7.2	Controle	21
7.3	Alimentação	23
7.4	Acondicionamento	24
8	Protótipo - Fabricação e Testes	25
	Referências	30
	Apêndice A – Ligações Elétricas	31
	Apêndice B – Algoritmo de Controle e da Interface	33
	Apêndice C – Desenhos de Fabricação	37

1 Introdução

O objeto de estudos deste trabalho é o projeto e construção de um braço mecânico (manipulador) para ser utilizado em um ROV (*Remotely-Operated Vehicle*) em ambiente submarino.

O braço mecânico é composto por um mecanismo articulado de três graus de liberdade contendo um efetuator de mobilidade igual a um (abre e fecha) localizado em sua extremidade. Esse mecanismo, portanto, tem a capacidade de manipular objetos e ferramentas, possibilitando a realização de diferentes tarefas seguindo movimentos determinados por um operador remoto.

A motivação para esse trabalho foi a necessidade de coletar amostras de solo em ambiente marinho. Para tanto, precisa-se de um manipulador para ser acoplado ao ROV. Essas amostras serão utilizadas pelo Laboratório de Dinâmica Bêntica do Departamento de Oceanografia Biológica do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, que se empenha, entre outras coisas, em estudar os padrões e processos biológicos em ação nos sedimentos marinhos, assim como suas relações com a camada de água sobrejacente e também suas implicações para o ciclo global de carbono. Para isso, são realizadas pesquisas em áreas costeiras, de plataforma e de oceano, tanto em regiões tropicais quanto em polares.

Devido à grande diversidade do ambiente marinho e da natureza das amostras e espécimes a serem coletados, verificou-se a necessidade de alguns tipos diferentes de efetutores. Dessa forma, o efetuator foi projetado de maneira intercambiável, permitindo o uso de efetutores adicionais projetados posteriormente.

O efetuator que foi projetado tem a finalidade de manipular tubos de amostras, devendo inseri-los no solo e retirá-los, trazendo junto consigo as amostras desejadas. Sendo assim, o efetuator foi desenvolvido em forma de garra.

Durante o projeto foi avaliada a possibilidade do uso de outros efetutores para tarefas específicas como, por exemplo, um invólucro de acrílico para a captura de pequenos animais marinhos (tais como águas-vivas) ou uma pinça para a manipulação de pequenos objetos.

2 Aspectos Gerais

O manipulador será utilizado em um ROV (*Remotely-Operated Vehicle*) em ambiente submarino para a coleta de amostras do solo. A seguir, uma breve descrição do ROV, assim como a definição das características do manipulador, principais dimensões e grandezas envolvidas.

2.1 ROV

Submarinos operados por controle remoto (ROV) são uma alternativa interessante e economicamente viável para a realização de tarefas subaquáticas, mesmo quando se trata de águas rasas.

As principais aplicações da robótica submarina são a instalação e transporte de equipamentos em poços petrolíferos, a localização e recuperação de transponders, a coleta de amostras biológicas e dados geofísicos do fundo do oceano.

O manipulador desse projeto será utilizado em um ROV desenvolvido pelo Laboratório de Sensores e Atuadores do Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos da Escola Politécnica da Universidade de



Figura 2.1: ROV submarino.

São Paulo.

As principais características deste ROV são:

- Dimensões aproximadas: 1,5 x 1,2 x 0,75m
- Profundidade de operação¹: 600m
- Massa: 170kg
- Propulsão: 8 propulsores

A grande vantagem deste ROV é a sua versatilidade, podendo ser adaptado a varias tarefas diferentes devido à sua concepção de maneira modular. A figura 2.1 mostra o ROV.

2.2 Dimensões principais e grandezas envolvidas

O braço mecânico tem comprimento total de aproximadamente 1000mm quando estiver completamente estendido, dependendo do efetuador acoplado. O curso da junta prismática (parte telescópica) é de 300mm, restando um comprimento mínimo de 700mm quando o braço estiver totalmente retraído.

As amostras a serem coletadas serão discutidas junto com os efetuadores, nos tópicos seguintes desse relatório, mas já se pode adiantar que a massa máxima das amostras será 8kg, tendo densidade aproximada de 2000kg/m³ e, no pior caso, estarão posicionadas a 700mm das juntas rotativas.



Figura 2.2: Garra e junta telescópica.

¹É possível adaptá-lo para outras profundidades.

A parte fixa da haste telescópica do manipulador somada à camisa do pistão terá aproximadamente $0,350kg$ sendo que seu centro de massa estará a uma distância de $200mm$ das juntas rotativas.

A parte móvel da haste telescópica terá aproximadamente $300mm$ de comprimento e $12mm$ de diâmetro com uma massa de $0,260kg$ e no pior caso consideramos seu centro de massa a $550mm$ das juntas.

A garra, junto com seu atuador, terá massa em torno de $0,2kg$ e será localizada, no pior caso, a $700mm$ das juntas rotativas.

Dessa forma, temos que a massa total² do manipulador será de $8,6kg$. Essa massa, devidamente distribuída segundo a configuração do braço, proporcionará, junto com a amostra, um torque requerido à junta de $58,3Nm$. Porém, ao se considerar o empuxo, tem-se uma economia de $29,2Nm$, sobrando para a junta um torque de $29,1Nm$ para manter a carga em equilíbrio.

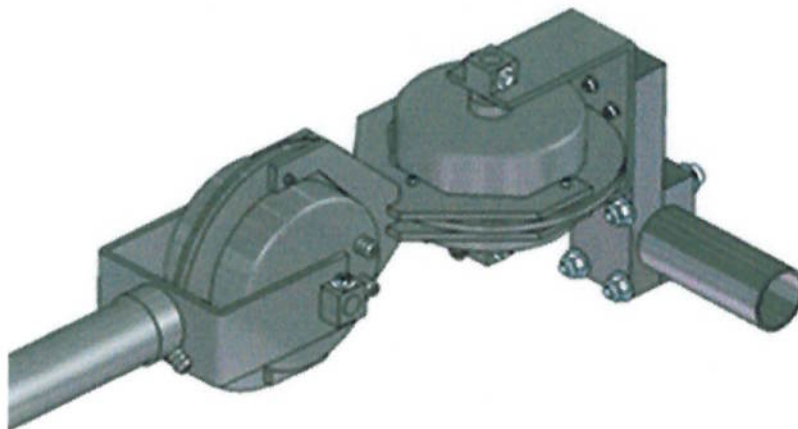


Figura 2.3: Juntas rotativas.

²Não foram considerados as massas da bomba hidráulica, circuitos de controle e amostras.

3 Princípio de Funcionamento

3.1 Manipulador

O manipulador projetado tem três graus de liberdade, sendo utilizados para o posicionamento do efetuador. Ele será fixado na parte frontal do ROV como pode ser observado na figura 3.1.



Figura 3.1: Posicionamento do manipulador.

O posicionamento é feito por duas juntas rotativas e uma prismática, segundo um sistema de coordenadas esféricas. As duas juntas rotativas se localizam na parte dianteira do manipulador de forma a definir uma direção para o braço enquanto que a junta prismática define a distância do efetuador até a origem da base, conforme mostra a figura 3.2.

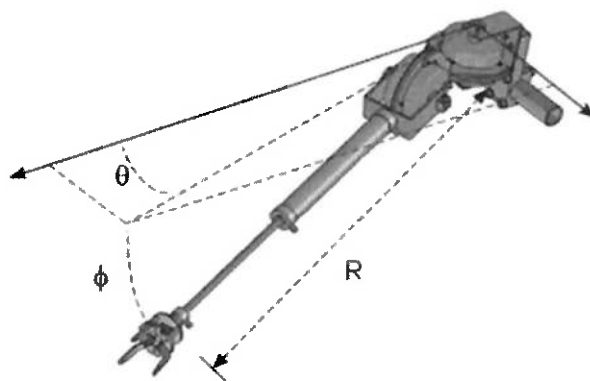


Figura 3.2: Sistemas de coordenadas esféricas.

O efetador é intercambiável e pode ser montado no terminal do braço, onde há um atuador linear (pistão) que é responsável pelo acionamento do mesmo.

3.2 Efetadores

Foram avaliados diferentes tipos de efetadores para o manipulador. Um deles em forma de garra para manipulação dos tubos de amostra, outro, em forma de invólucro, para a captura de pequenos animais marinhos e o último, em forma de pinça com dedos paralelos, para a manipulação de pequenos objetos. Optou-se pelo projeto de um desses manipuladores – a garra – devido a sua versatilidade.

3.3 Garra

O efetador em forma de garra será utilizado para a coleta e manipulação de tubos contendo amostras da interface entre o solo submarino e o meio aquático. A figura 3.3 mostra um esboço do tubo de amostra.

Existem diversas topologias de mecanismos para garras, dentre as quais a escolhida é representada pelo item 4 da figura 3.4, PHAM & HEGINBOTHAM (1986), devido à sua simplicidade construtiva. Ressalta-se que foi projetada uma pinça de três pontos, conforme a figura 3.5.



Figura 3.3: Tubo de amostra.

3.4 Efetadores adicionais

Alguns outros efetadores também foram considerados por se mostrarem úteis, mas preferiu-se dar continuidade ao projeto da garra apenas. Um desses efetadores, concebido para possibilitar a coleta de espécimes marinhos de

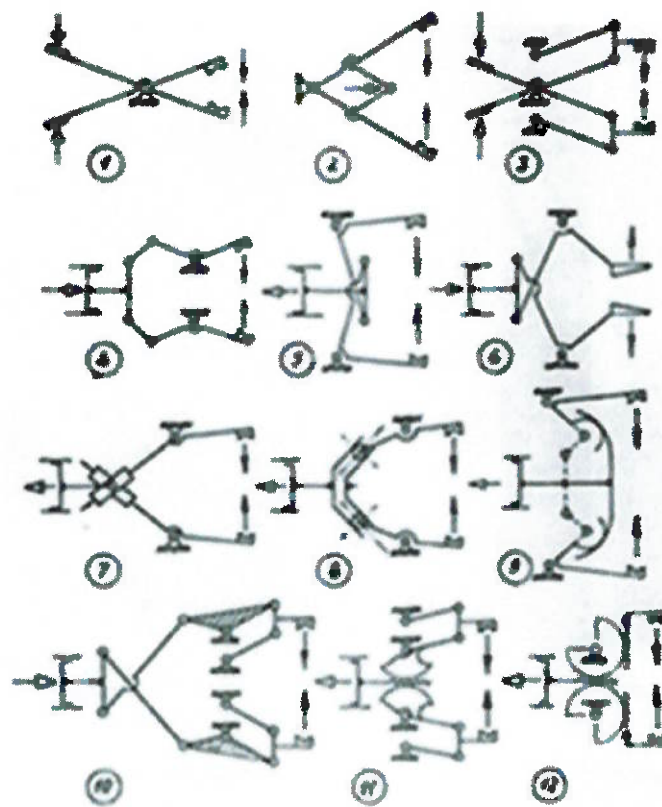


Figura 3.4: Topologias de mecanismos de garra para manipuladores.

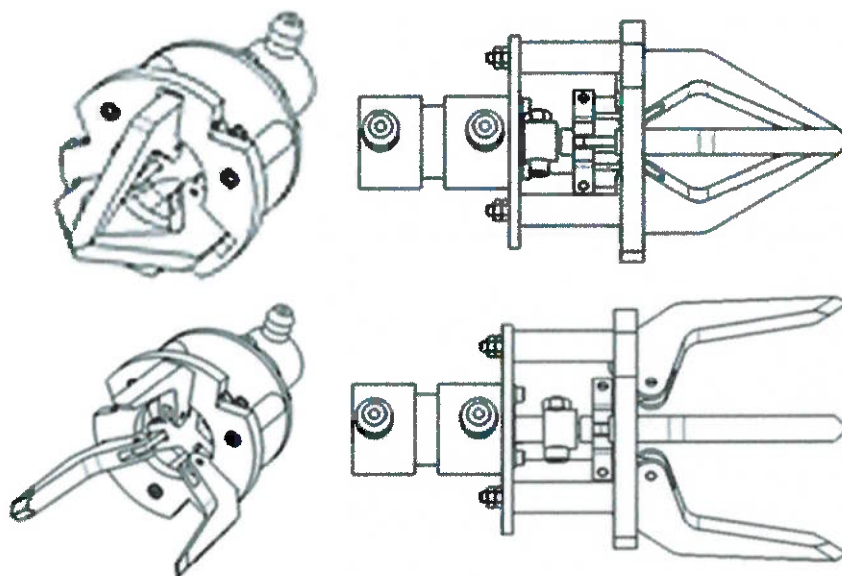


Figura 3.5: Mecanismo da garra.

pequeno porte, tais como águas-vivas, é composto por um recipiente transparente de formato cilíndrico com duas tampas localizadas nas extremidades. Essas tampas se movem sincronizadamente permitindo a abertura ou fechamento simultâneos. A figura 3.6 mostra um esboço desse coletor.

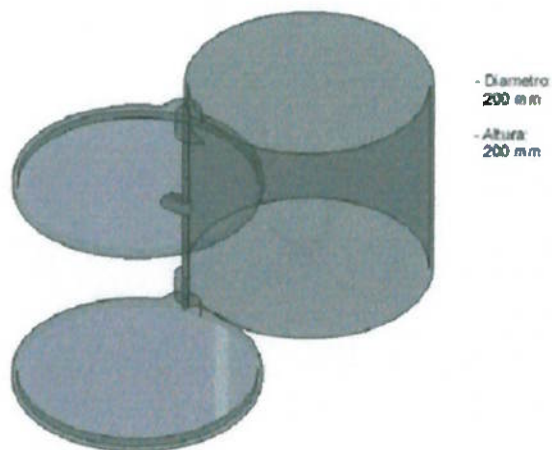


Figura 3.6: Coletor de espécimes marinhos.

4 Memorial de Cálculo

4.1 Lista de Símbolos

A_e	área do êmbolo;
A_h	área da haste;
C	coeficiente de junção;
C_8	fator de forma;
C_9	fator de forma;
c_E	fator de eficiência da junta;
D_i	diâmetro do êmbolo;
d_h	diâmetro da haste;
E	módulo de elasticidade;
F	força aplicada;
F_P	carregamento na direção perpendicular à haste do pistão;
H	altura do êmbolo rotativo;
I	momento de inércia;
i	raio de giração;
L	comprimento da haste do pistão;
L_{17}	fator de forma;
l_{fl}	comprimento de flambagem;
M	momento;
P_e	pressão externa;
P_t	pressão de trabalho;
r_h	raio da haste;
r_i	raio interno da camisa do pistão;
S_a	tensão admissível;
S_y	tensão de escoamento;
T	torque dos pistões rotativos;

Continua...

t	espessura do cilindro;
t_e	espessura do êmbolo;
t_f	espessura da tampa;
u	deflexão da haste;
u_{max}	deflexão máxima permitida;
y	distância da linha neutra;
γ	fator de segurança;
λ	índice de esbeltez;
ν	coeficiente de Poisson;
σ	tensão normal;
σ_{fl}	tensão normal de flambagem.

4.2 Dimensionamento dos pistões lineares

Para o dimensionamento dos pistões lineares, preocupou-se com o tamanho dos êmbolos, com as espessuras das tampas e camisas dos cilindros e com o diâmetro das hastes.

4.2.1 Cálculo dos êmbolos

Para os êmbolos, calcularam-se seus diâmetros e suas espessuras.

Diâmetro:

$$A_e = \frac{F}{P_t} \quad (4.1)$$

$$D_i = \sqrt{\frac{4A_e + \pi d_h^2}{\pi}} \quad (4.2)$$

Através da equação 4.1, define-se a área do êmbolo. Substituindo esse resultado na equação 4.2, obtém-se o diâmetro do êmbolo.

Espessura:

Para o cálculo da espessura do êmbolo, foram utilizadas as equações relacionadas abaixo, segundo YOUNG & BUDYNAS (2002).

$$r_i = \frac{D_i}{2} \quad (4.3)$$

$$C_8 = \frac{1}{2} \left[1 + n_i + (1 - n_i) \left(\frac{r_h}{r_i} \right)^2 \right] \quad (4.4)$$

$$C_9 = \frac{r_h}{r_i} \left\{ \frac{1 + n_i}{2} \ln \frac{r_i}{r_h} + \frac{1 - n_i}{4} \left[1 - \left(\frac{r_h}{r_i} \right)^2 \right] \right\} \quad (4.5)$$

$$L_{17} = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1 - n_i}{4} \left[1 - \left(\frac{r_h}{r_i} \right)^4 \right] - \left(\frac{r_h}{r_i} \right)^2 \left[1 + (1 + n_i) \ln \frac{r_i}{r_h} \right] \right\} \quad (4.6)$$

$$M = \left(-P_t \frac{r_i^2}{C_8} \right) \left(\frac{C_9}{2r_i r_h} r_i^2 - L_{17} \right) \quad (4.7)$$

$$I = \frac{2r_i t_e^3}{12} \quad (4.8)$$

$$y = \frac{t_e}{2} \quad (4.9)$$

$$S_a = \frac{My}{I} \quad (4.10)$$

As equações 4.4, 4.5 e 4.6 definem fatores de forma relacionados com o êmbolo e seus valores são utilizados na equação 4.7 para definir o valor do momento máximo aplicado.

Substituindo os valores do momento máximo, momento de inércia e da distância até a linha neutra, dados pelas equações 4.7, 4.8 e 4.9, respectivamente, na equação 4.10, obtém-se a 4.11 que define a espessura do êmbolo.

$$t_e = \sqrt{\frac{6M}{2r_i S_a}} \quad (4.11)$$

4.2.2 Cálculo dos cilindros

Para os cilindros, foi necessário dimensionar as espessuras das camisas e das tampas. Para isso, considerou-se um modelamento de vasos de pressão, cujos resultados são expressos a seguir, segundo ES&H (2000).

Espessura da camisa:

$$t = \frac{P_e r_i}{S_a c_E - 0,6 P_e} \quad (4.12)$$

Espessura da tampa:

$$t_f = 2r_i \sqrt{\frac{P_e C}{S_a c_E}} \quad (4.13)$$

4.2.3 Cálculo das hastes

Para dimensionar as hastes dos pistões lineares, teve-se que definir seus comprimentos e áreas das seções transversais. O comprimento das hastes foi definido através do curso desejado para os pistões lineares. O dimensionamento das áreas das seções transversais foi definido seguindo-se a metodologia descrita a seguir.

Diâmetro da haste:

O dimensionamento das hastes do pistão foi feito, considerando-se quatro fatores: tensão normal, flambagem, flexão e diâmetro mínimo de usinagem.

- Tensão normal:

segundo TIMOSHENKO & GERE (1994)

$$\sigma = \gamma \frac{F}{A_h} \quad (4.14)$$

$$A_h = \frac{\pi d_h^2}{4} \quad (4.15)$$

Substituindo a 4.15 na 4.14 e isolando d_h , temos:

$$d_h = 2\sqrt{\frac{F}{\pi\sigma}} = 2\sqrt{\frac{F\gamma}{\pi S_y}} \quad (4.16)$$

- Flexão:

Para o dimensionamento da haste do pistão da junta telescópica, que sofre força perpendicular à haste aplicada na extremidade da mesma, foi levada em consideração a flexão na haste. O critério adotado foi o de deflexão máxima permitida na ponta do pistão, como mostra a equação 4.17 segundo TIMOSHENKO & GERE (1994).

$$u = \frac{F_P L^3}{3EI} = \frac{64F_P L^3}{3E\pi d^4} \quad (4.17)$$

Assim temos:

$$d_h = \sqrt[4]{\frac{64F_P L^3}{3E u_{\max} \pi}} \quad (4.18)$$

- Diâmetro mínimo de usinagem:

O diâmetro mínimo de usinagem leva em conta as ferramentas disponíveis para a usinagem, já que é necessário fazer torneamento interno da camisa do pistão para posicionar os *o-rings* que vedarão o pistão. No caso, o diâmetro mínimo possível para a usinagem é 8mm.

- Flambagem: Foi verificada a flambagem das hastes do pistão, segundo a comparação da tensão de flambagem com a tensão normal na haste, como mostra a 4.19 segundo TIMOSHENKO & GERE (1994).

$$\sigma \leq \sigma_{fl} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (4.19)$$

onde

$$\lambda = \frac{l_{fl}}{i} = \frac{l_{fl}}{\sqrt{\frac{I}{A_h}}} \quad (4.20)$$

com

$$l_{fl} = 2L \quad (4.21)$$

4.3 Dimensionamento dos pistões rotativos

Para dimensionar as espessuras das paredes e dos êmbolos dos pistões rotativos, bem como a área da seção transversal das hastes, inicialmente adotou-se a mesma modelagem utilizada para os pistões lineares. Uma vez com esses valores, analisaram-se os pistões rotativos segundo os valores de deflexão e de tensões de von Mises a que essas peças estariam sujeitas através do Método dos Elementos Finitos (MEF), empregando-se um software para isso. O tamanho da área do êmbolo dos pistões rotativos foi calculado a partir do valor do torque que se deseja ter. Dessa forma, pode-se deduzir a equação 4.22 para o cálculo do torque (T).

$$T = \int_{A_e} P_t r dA = \frac{P_t H (r_i^2 - r_h^2)}{2} \quad (4.22)$$

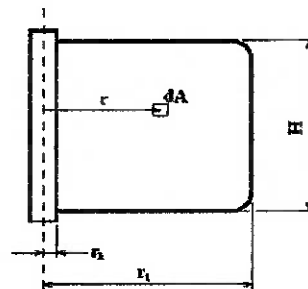


Figura 4.1: Êmbolo do pistão rotativo.

4.4 Resultados

Sabendo que o pistão do efetuador é feito em aço inox e considerando-se ainda os valores listados abaixo,

$$F = 80,8N \text{ (sem força aplicada na direção perpendicular ao pistão)}$$

$$P_t = 3,8 \cdot 10^5 Pa$$

$$P_e = 50 \cdot 10^5 Pa$$

temos, das equações 4.16 e 4.18, do valor mínimo para o diâmetro de usinagem e verificando a equação 4.19, o $d_h = 8mm$; das equações 4.1 e 4.2 temos $D_i = 18mm$; das equações 4.3 a 4.11 temos $t_e = 10mm$; da equação 4.12 temos $t = 0,4mm$ e da equação 4.14 temos $t_f = 4mm$.¹

Analogamente, para o pistão da junta telescópica, também de aço inox, e com os valores seguintes,

$$F = 43,3N$$

$$F_P = 43,3N$$

$$P_t = 3,8 \cdot 10^5 Pa$$

$$P_e = 50 \cdot 10^5 Pa$$

temos que $d_h = 12mm$, $D_i = 30mm$, $t_e = 3mm$, $t = 1mm$ e $t_f = 7mm$.²

Para os pistões rotativos, foi utilizada, preliminarmente, a mesma modelagem dos pistões lineares, com exceção do tamanho do embolo, que é definido pela equação 4.22. Apesar disso, para permitir a colocação de *o-rings* para a vedação, a espessura dos êmbolos teve que ser aumentada. Após isso, essas peças foram analisadas através do Método dos Elementos Finitos (MEF). Para tanto, foi utilizado um software adequado. Desse modo, chegou-se aos valores de $t = 4mm$ para a espessura das camisas, $t_e = 8mm$ para a espessura dos êmbolos e $d_h = 13mm$ para o diâmetro da seção transversal das hastes. O dimensionamento da área do êmbolo, para permitir um torque de $29,1Nm$, com $P_t = 3,8 \cdot 10^5 Pa$ nos forneceu uma altura $H = 60mm$, e a largura dos êmbolos igual a $38,5mm$.

¹Esses valores calculados são os valores mínimos necessários. Entretanto, alguns desses valores foram posteriormente aumentados de acordo com os materiais disponíveis no mercado e com a possibilidade de usinagem

²Esses valores calculados são os valores mínimos necessários. Entretanto, alguns desses valores foram posteriormente aumentados de acordo com os materiais disponíveis no mercado e com a possibilidade de usinagem

5 Atuadores

Em virtude do uso submarino, decidiu-se a priori pela utilização de atuadores hidráulicos ao invés de motores elétricos, pois estes teriam que ser isolados do contato com a água do mar. Os atuadores são acionados por dispositivos eletro-hidráulicos sendo que toda a parte elétrica, incluindo o microprocessador, deverá ser marinizada, ou seja, acondicionada em vasos de pressão.

Em função dos graus de liberdade pretendidos, verificou-se a necessidade de dois tipos de atuadores, a saber, lineares e rotativos.

Os atuadores lineares são em número de dois, sendo que um fica responsável pelo movimento radial do braço e o outro pelo acionamento dos efetuadores. Pelas características do movimento descrito por estes atuadores, optou-se pela utilização de pistões hidráulicos.

O atuador responsável pelo acionamento do efetuator é acoplado à haste do pistão da junta telescópica, sendo aquele muito menor que este.

O projeto desses pistões lineares não apresentou problemas por se tratarem de uma tecnologia bastante comentada e detalhada na literatura disponível nos dias de hoje.

Os atuadores rotativos, também em número de dois, são responsáveis pela movimentação angular do braço. Sendo ambos idênticos e dispostos perpendicularmente um ao outro, de forma que o eixo do primeiro fique acoplado à estrutura do ROV, enquanto que o eixo do segundo se ligará ao pistão linear responsável pela movimentação radial.

Para os atuadores rotativos, levantaram-se duas possibilidades, descritas abaixo:

- Um sistema de transmissão do tipo pinhão-cremalheira, onde a cremalheira, acionada por pistão hidráulico linear, impõe o movimento rotativo ao eixo do pinhão;
- Um sistema de pistões rotativos com acionamento hidráulico.

Ambas as possibilidades apresentaram vantagens e desvantagens que estão descritas na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Análise comparativa entre os dois sistemas rotativos

	Sistema pinhão-cremalheira	Pistão rotativo
Peso	elevado	baixo
Tamanho	grande	médio
fabricação	baixa complexidade	alta complexidade
Rigidez	média	elevada
Vedação	simples	complexa

Como o peso e o tamanho são fatores limitantes para o ROV, optou-se pelo pistão rotativo já que este apresenta uma combinação interessante de vantagens, apesar do sistema de vedação ser um ponto crítico do projeto.

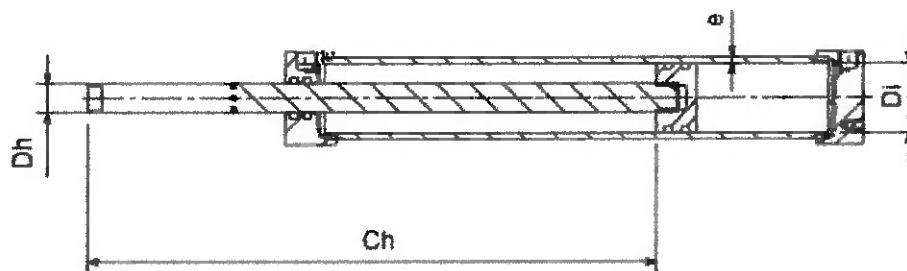
Optou-se pelo projeto e construção dos pistões, já que não foram encontradas opções adequadas às especificações técnicas desejadas.

Os pistões lineares e rotativos foram dimensionados de acordo com as possíveis condições de operação a que o braço mecânico estará sujeito. Os cálculos do dimensionamento consideraram a força a ser aplicada pelo pistão, flambagem nas hastes e deformação elástica da camisa devido à pressão externa submarina, como pode-se ver no memorial de cálculo.

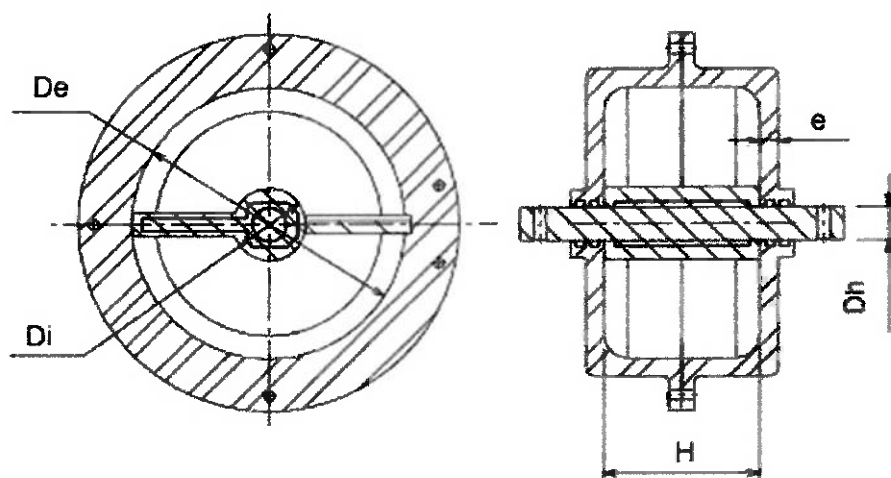
Estão indicadas na figura 5.1 as principais dimensões dos pistões lineares enquanto que na figura 5.2 estão representadas as principais dimensões dos pistões rotativos.

Tabela 5.2: Dimensões dos pistões lineares.

Pistão	Ch (mm)	Dh (mm)	Di (mm)	e (mm)	P ($10^5 Pa$)
Telescópico	300	12	30	2,5	3,8
Do efetuator	25	8	18	2,0	3,8

**Figura 5.1:** Dimensões principais dos pistões lineares.**Tabela 5.3:** Dimensões dos pistões rotativos.

Di (mm)	De (mm)	H (mm)	e (mm)	Dh (mm)	P ($10^5 Pa$)
28	105	60	7	13	3,8

**Figura 5.2:** Dimensões principais dos pistões rotativos.

6 Circuito Hidráulico

O comando dos quatro pistões é realizado através de um único circuito hidráulico. O circuito é alimentado por uma bomba que aplica uma pressão relativa de $4 \cdot 10^5 Pa$.

O circuito mais adequado para o projeto, seria o mostrado na figura 6.1, onde foi utilizada, para cada pistão, uma válvula direccional 4/3 de centro fechado com acionamento por solenóide, permitindo assim o avanço e recuo do pistão, segundo o método de controle *meter-out*, VON LINSINGER (2003).

Contudo, verificou-se a ausência de modelos adequados de válvulas para o projeto e por isso foi necessária a alteração do circuito original. O novo circuito conta com uma nova configuração, sendo que agora são utilizadas quatro válvulas menores (duas 2/2 e duas de 3/2) em substituição de cada válvula 4/3, conforme mostra a figura 6.2. A figura 6.3 mostra o circuito montado.

O volume total de fluido hidráulico necessário ao preenchimento de todos os pistões é $1 \cdot 10^{-3} m^3$. Considerando-se a rotação de 180° em um dos eixos coordenados e o avanço total do braço em 10s, precisa-se de uma bomba com vazão máxima de $3,33 \cdot 10^{-5} m^3/s$. Temos, portanto, com esta vazão e à pressão de $4 \cdot 10^5 Pa$, que a potência útil fornecida pela bomba não pode ser inferior a 14W.

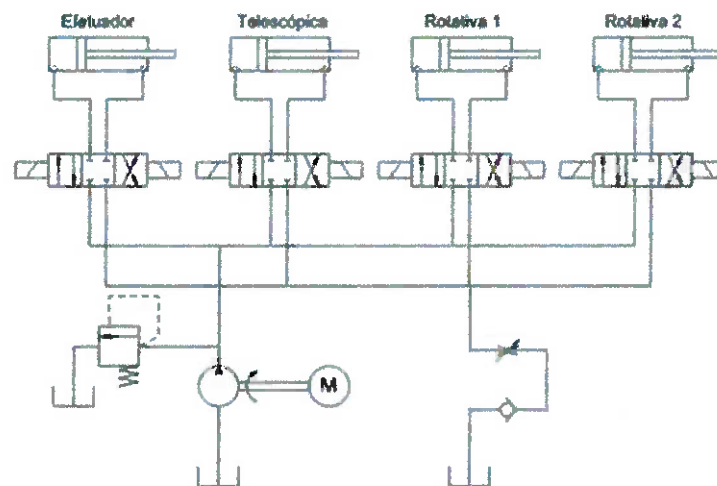


Figura 6.1: Circuito hidráulico de controle.

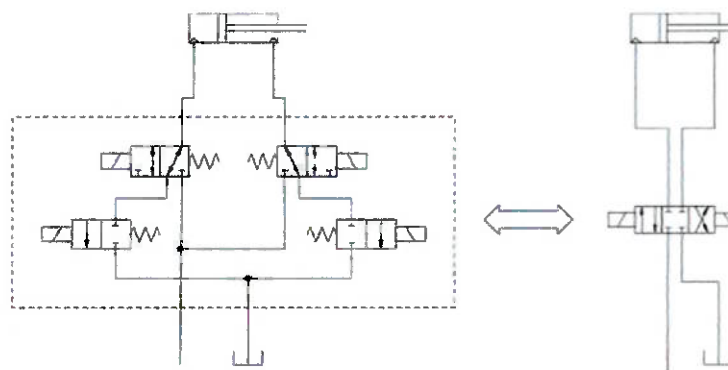


Figura 6.2: Adaptação do circuito.

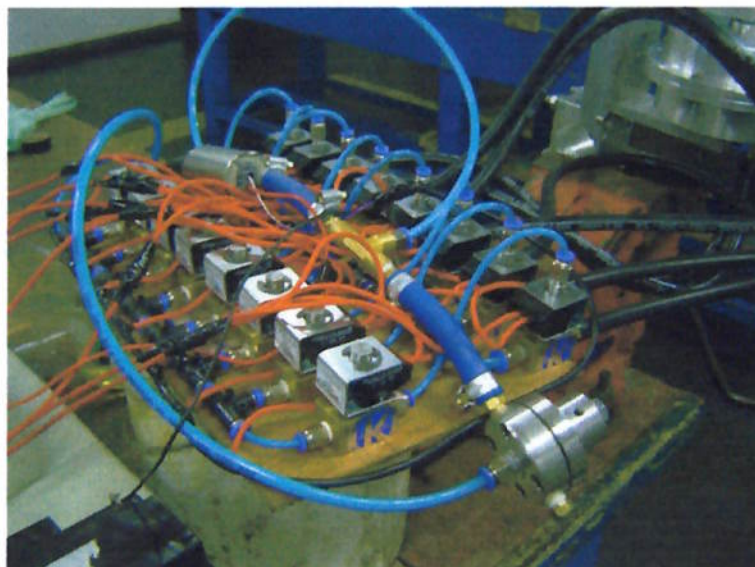


Figura 6.3: Circuito montado.

7 Sistema de Controle

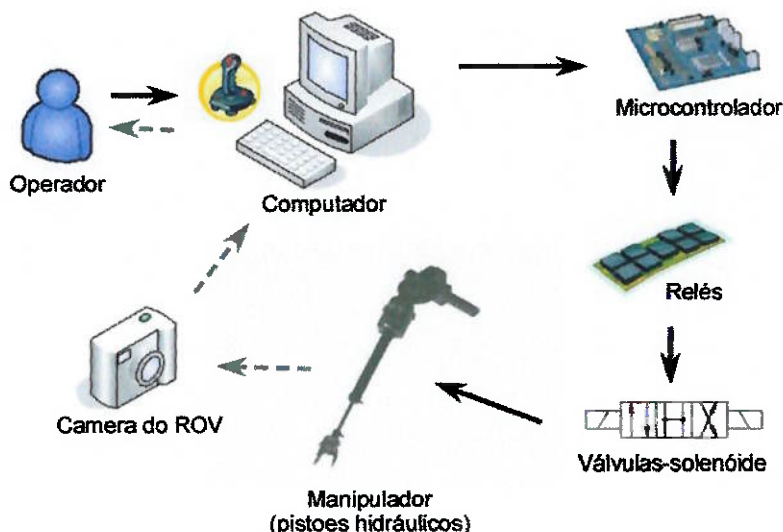


Figura 7.1: Sistema de controle do manipulador.

7.1 Operação

A operação do manipulador é feita através de um *joystick* conectado a um computador remoto, de onde o operador pode atuar, com base em imagens de vídeo transmitidas a partir da câmera do ROV.

O *joystick*, conectado ao computador pela porta USB, tem a leitura de seus comandos realizada através de uma interface programada em Java. Esses comandos serão transmitidos para um microcontrolador localizado no ROV, através da porta serial, segundo o protocolo RS232.

Através dessa interface, além de se controlar a posição do manipulador e acionar o efetuator, pode-se também ligar e desligar a bomba de alimentação do circuito hidráulico permitindo assim a economia da energia disponível nas baterias do sistema durante o percurso do ROV para ir do local inicial até a região onde o manipulador será usado, assim como no caminho de volta.

A interface também fornece suporte a eventuais modificações futuras do

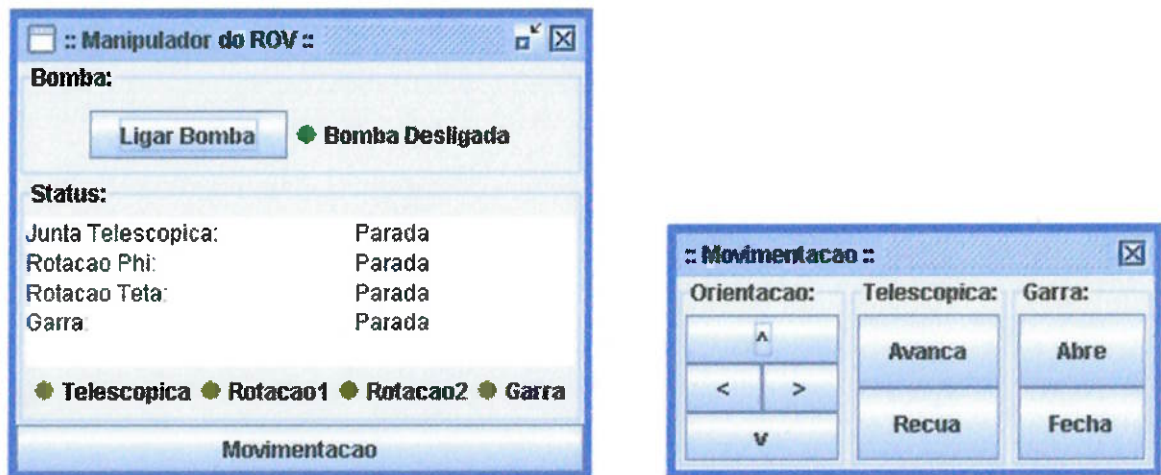


Figura 7.2: Interface de operação do manipulador.

manipulador, tendo uma área reservada para feedback e para a exibição de status. Ela ainda conta com uma janela que pode ser aberta separadamente para a operação do manipulador na ausência do *joystick*. Na figura 7.2 pode-se ver a representação da interface gráfica junto com a janela de movimentação.

7.2 Controle

O microcontrolador utilizado é o JackRabbit BL1800 com processador Rabbit2000 com alimentação de 12V cc, que depois de interpretar os comandos recebidos aciona uma placa com relés, que têm a finalidade de acionar as válvulas solenóides dos pistões do manipulador. Esse microcontrolador, junto com a placa de relés, as válvulas solenóides e a bomba hidráulica estão acondicionados em um vaso de pressão vedado ao ambiente externo.

A figura 7.3 mostra o JackRabbit, enquanto que a figura 7.4 mostra a placa de relés. Os esquemáticos das ligações elétricas se encontram no anexo A deste trabalho.

O algoritmo de controle segue a lógica apresentada no fluxograma esquematizado na figura 7.5. A implementação desse algoritmo encontra-se no anexo B.

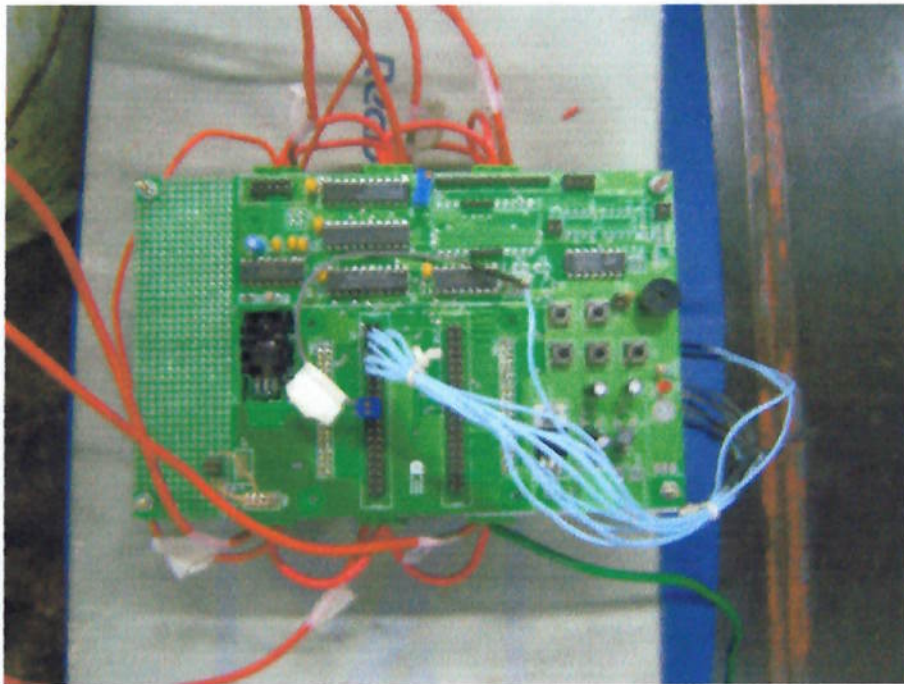


Figura 7.3: JackRabbit.

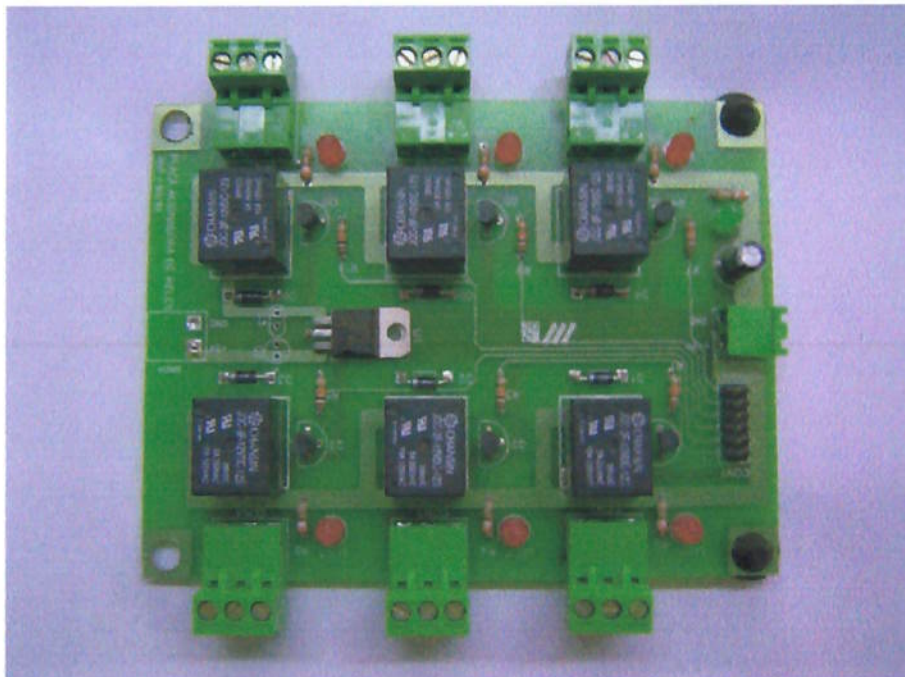


Figura 7.4: Placa de relés responsáveis pelo acionamento das válvulas.

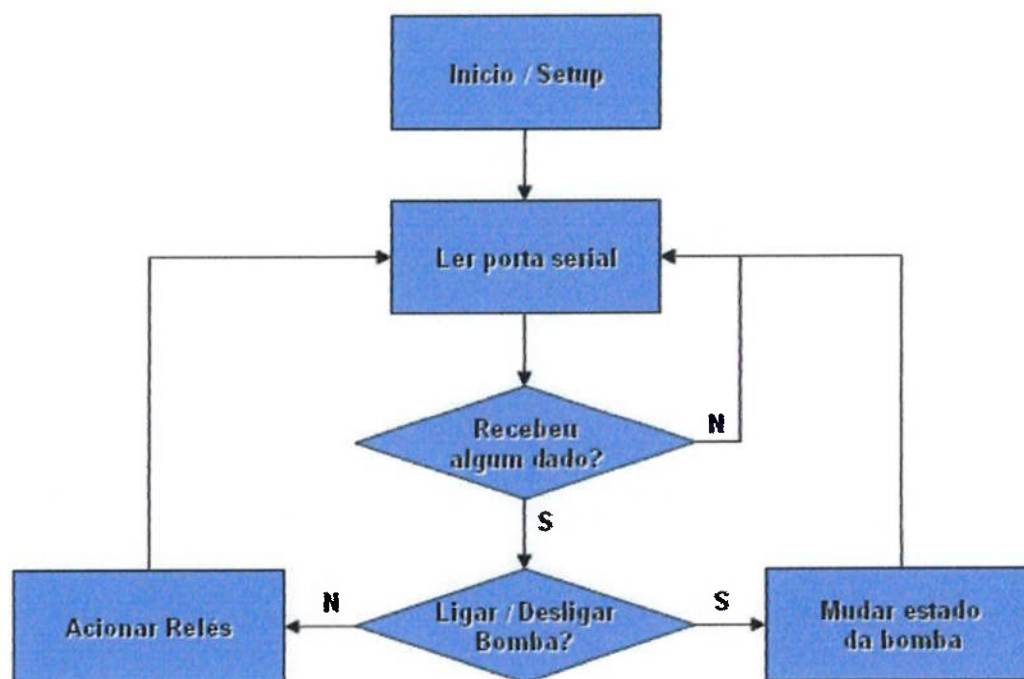


Figura 7.5: Diagrama de controle do JackRabbit.

7.3 Alimentação

A alimentação do microcontrolador, dos relés e das válvulas solenóides é feita através de uma bateria de chumbo-ácido de 12V, 9Ah, também acondicionada no vaso de pressão. Essa bateria é suficiente para a operação do manipulador por um período de pelo menos duas horas. A análise de consumo encontra-se na tabela 7.1.

Tabela 7.1: Análise de Consumo da Bateria —
Tensão: 12V cc; Autonomia: 2 horas

	Potência (W)	Corrente (A)	T.E.M.P.O. ^a (%)	Energia (Ah)
Bomba	32,0	2,7	100	5,3
Válvulas	18,4	1,5	80	2,5
Microcontrolador	1,2	0,1	100	0,2
Total				8

^aTempo Efetivo Médio Percentual de Operação.

7.4 Acondicionamento

Devido a utilização do manipulador em meio submarino, verificou-se a necessidade de se acondicionar o sistema de controle - microcontrolador, bateria, relés e válvulas - assim como a bomba hidráulica e o reservatório em um vaso de pressão vedado ao ambiente externo.

Esse vaso conta com uma chave geral para ligar e desligar a energia elétrica do sistema, uma conexão para comunicação com o computador remoto e, também, conexões hidráulicas para a alimentação dos pistões.

A figura 7.6 mostra a disposição dos componentes no interior do vaso de pressão.

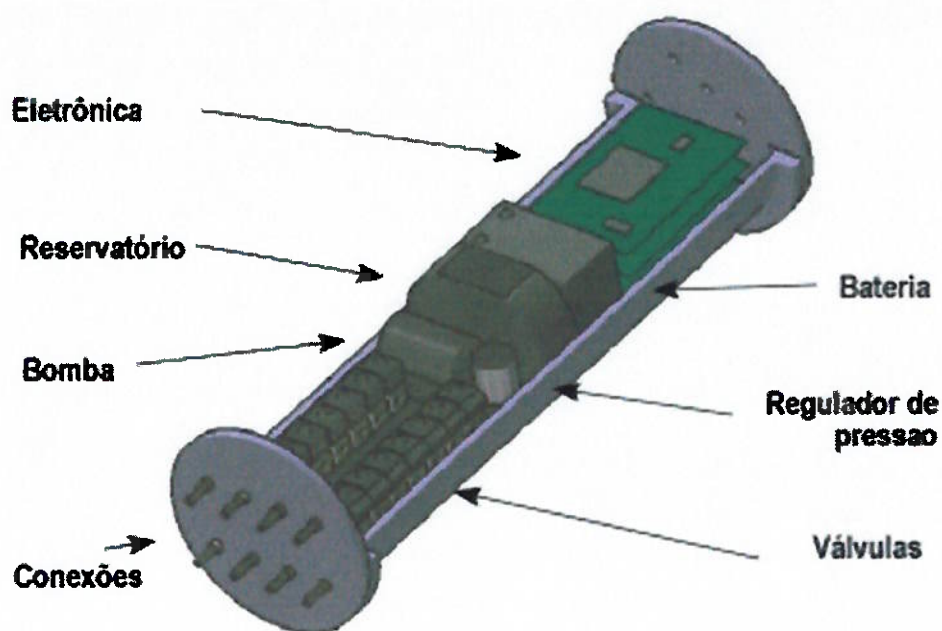


Figura 7.6: Vaso de pressão para marinizar a eletrônica.

8 Protótipo - Fabricação e Testes

O protótipo foi fabricado na oficina localizada no Laboratório de Máquinas Operatrizes do prédio de Engenharia Mecânica, Mecatrônica e Naval da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. A usinagem das peças foi realizada pelos técnicos Adílson Fernandes Felix Filho e Gilberto Garcia do departamento de Engenharia Mecatrônica.

Os materiais utilizados para a construção do protótipo foram alumínio e aço inoxidável. Todas as peças da garra, bem como os êmbolos e tampas dos pistões lineares assim como as camisas dos pistões rotativos, êmbolos e paredes internas e peças de fixação do manipulador no ROV foram feitos em alumínio. As outras peças, as hastes e camisas dos pistões lineares e os eixos dos pistões rotativos, foram fabricados em aço inoxidável. Para a montagem das peças, optou-se por parafusos de aço inoxidável.

A escolha desses materiais para a construção das peças levou em conta o ambiente a que o manipulador seria exposto. Dada a natureza agressiva desse meio, foram escolhidos materiais protegidos contra a ação corrosiva da água do mar.

No projeto original do manipulador, foi escolhido o aço inoxidável como material para todas as peças dos pistões lineares e rotativos. Todavia, a usinagem em aço inoxidável dessas peças seria muito complicada tendo em vista as máquinas e ferramentas disponíveis na oficina. O peso total do protótipo também seria muito grande; dessa forma, para facilitar a usinagem, bem como para reduzir o peso do manipulador, optou-se pela alteração de algumas peças dos pistões para serem fabricadas em alumínio.

Para a vedação dos pistões, foram usados *o-rings* em dimensões adequadas disponíveis no mercado. A vedação dos pistões lineares não apresentou problemas, permitindo que funcionassem da maneira esperada.

Os pistões rotativos, por sua vez, apresentaram alguns vazamentos localizados que impossibilitaram seu funcionamento. Em locais com vazamento entre duas peças que não têm movimento relativo, foi aplicado silicone para melhorar a vedação. No caso específico das flanges das camisas dos pistões rotativos, foram utilizadas juntas de vedação para evitar o vazamento pela região da flange entre o *o-rings* e a superfície interna da camisa. Essas providências tiveram êxito na contenção dos vazamentos notados. Já nos locais com vazamento entre peças com movimento relativo, foram feitas diversas tentativas para solucionar o problema. Entre elas, tentou-se substituir os *o-rings* por vedações de borracha confeccionadas no formato específico para encaixar nos locais apropriados. Outra providência tomada foi a substituição desses mesmos *o-rings* por buchas de vedação em Teflon®. Essas medidas reduziram os vazamentos, porém não foram suficientes para a o correto funcionamento do pistão rotativo.

Outro aspecto que influencia o funcionamento do projeto é a bomba utilizada no sistema hidráulico. Como um dos pontos mais críticos do projeto era a massa total do manipulador, optou-se pelo uso de uma bomba de combustível – que tem massa inferior a 200 g enquanto que uma bomba hidráulica de palhetas fica na casa dos 3 kg – para o bombeamento do fluido hidráulico mesmo sabendo que ela não foi projetada com essa finalidade e que o tipo de bomba não era adequado. A bomba utilizada é a bomba de combustível do Monza, fabricada pela Bosch, e foi escolhida por ser uma das únicas bombas desse tipo que não precisa trabalhar imersa no reservatório, além de trabalhar em pressões de até 6 Bar ($6 \cdot 10^5 Pa$), o que seria mais do que o suficiente, já que o projeto todo foi feito considerando-se uma pressão relativa nos êmbolos de 4 Bar.

Ao observar os pequenos vazamentos ainda remanescentes nos pistões rotativos, analisando-se também o resto do sistema, chegou-se à conclusão de que o provável motivo para o mau funcionamento dos pistões rotativos é a bomba. Apesar das especificações, a bomba se mostrou fraca mesmo ao acionar os pistões lineares. Fato este que é explicado pela alteração do fluido de trabalho, já que a bomba foi dimensionada para o bombeamento de combustível enquanto que, no projeto desse manipulador hidráulico, o óleo mineral Singer foi o fluido usado.

Assim, a substituição da bomba foi apontada como solução para o problema de mau funcionamento dos pistões rotativos. Os pistões rotativos foram, então, testados com uma bomba cuja vazão variava de 0,22 m³/h com $1,6 \cdot 10^5 Pa$ até 1,34 m³/h com $5,5 \cdot 10^5 Pa$ e apresentaram um bom desempenho.

Contudo, na posição de 180°, ocorreu um pequeno travamento devido ao

alinhamento do êmbolo com a parede fixa. Esse alinhamento causa um desvio do eixo rotativo de sua posição central, já que o mesmo fica apoiado apenas nos *o-rings* de vedação das camisas. Esse desvio faz com que a parte metálica do êmbolo toque nas camisas na posição de 180°, causando o travamento.

Fica como sugestão, para o aprimoramento do sistema rotativo, a busca por uma bomba com características próximas às utilizadas nesse teste visto que a vedação completa entre as duas câmaras internas pode ser mais trabalhosa do que a busca.

Também foi verificada a necessidade de garantir que a parte metálica do êmbolo não toque na camisa em hipótese alguma. Para tanto, duas possibilidades foram levantadas para esta correção:

1. Redimensionamento do êmbolo, bem como de seu *o-ring*;
2. Mancais rotativos acoplados nas camisas destes pistões.

Ressalva-se que o pistão utilizado nesse teste foi o originalmente projetado com uma única mudança: na parede fixa, foi substituído o *o-ring* de Buna-N por Teflon®.

O circuito hidráulico e o acionamento das válvulas se mostraram eficientes, realizando o que foi proposto no projeto. O sistema eletrônico de controle também funcionou conforme o esperado, bem como sua programação. A interface programada em Java foi feita de forma portátil, sendo então independente da plataforma utilizada.

Os aspectos do protótipo terminado encontram-se expostos a seguir nas figuras 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 e 8.5, assim como os detalhes do efetuator (garra), o pistão da junta telescópica e parte da montagem das juntas rotativas. Os desenhos de fabricação, desenhos de conjunto e os de montagem encontram-se no anexo C no final deste volume.

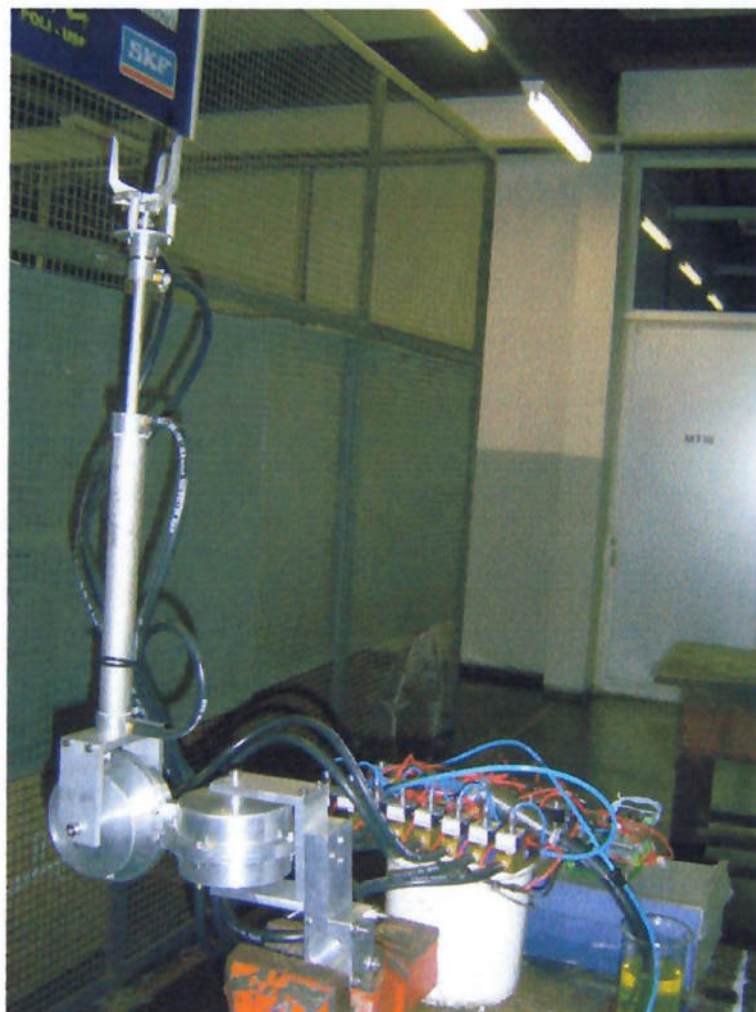


Figura 8.1: Protótipo terminado.



Figura 8.2: Protótipo.



Figura 8.3: Manipulador.

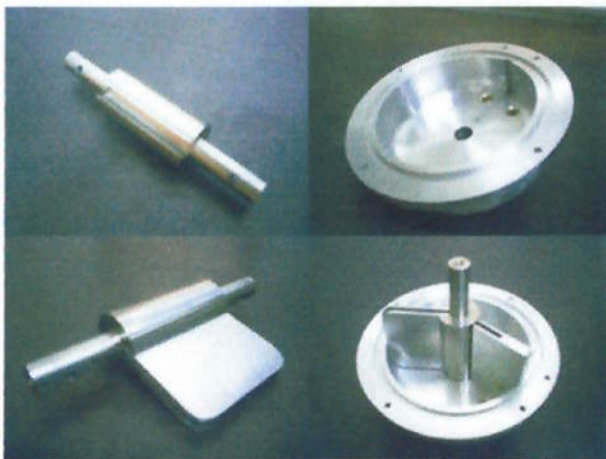


Figura 8.4: Pistão rotativo.



Figura 8.5: Pistão do efetuator.

Referências

- ERDMAN, A. & SANDOR, G. N. (1996), *Mechanism Design: Analysis and Synthesis*, Vol. 1, 3rd edn, Prentice Hall, Rio de Janeiro.
- ES&H (2000), *Health & Safety Manual vol.2 – Controls and Hazards. Part18: Pressure/Noise/Hazardous Atmospheres*.
- HOLZBOCK, W. G. (1986), *Robotic technology, principles and practice*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- NORTON, R. L. (2001), *Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines*, McGraw-Hill.
- OCEANOGRÁFICO, I. (n.d.), 'Laboratório de Dinâmica Bêntica', Disponível em: <http://www.io.usp.br/DOB/Labs/yukio.html/index.html>. Acesso em: 27 de abril de 2006.
- PHAM, A. D. & HEGINBOTHAM, W. B. (1986), *Robot Grippers*, IFS Publications.
- TIMOSHENKO, S. P. & GERE, J. E. (1994), *Mecânica dos Sólidos*, second edn, LTC, Rio de Janeiro.
- USPOnline (n.d.), 'Veículo submarino está sendo projetado com garantia de economia', Disponível em: <http://www.usp.br/agen/bols/2005/rede1771.htm>. Acesso em: 4 de maio de 2006.
- VON LINSINGER, I. (2003), *Fundamentos de Sistemas Hidráulicos*, 2a edição edn, Ed. da UFSC, Florianópolis.
- WALDRON, K. J. & KINZEL, G. L. (1998), *Kinematics and Dynamics and Design of Machinery*, John Wiley & Sons.
- YOUNG, W. C. & BUDYNAS, R. G. (2002), *Roarks Formulas for Stress and Strain*, seventh edition edn, McGraw-Hill.

Apêndice A – Ligações Elétricas

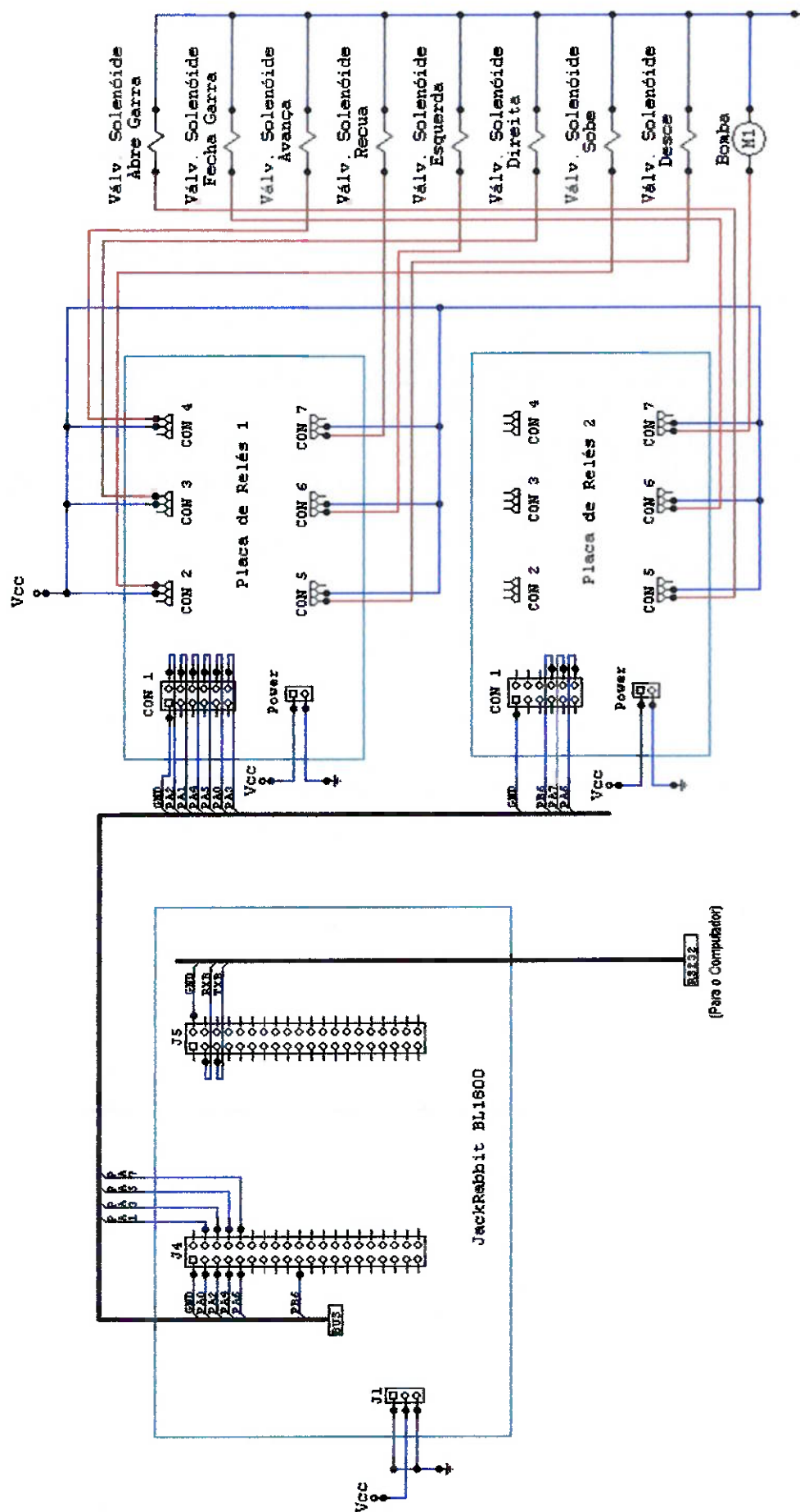


Figura A.1: Esquemático com as ligações elétricas.

Apêndice B – Algoritmo de Controle e da Interface

Script 1 – Algoritmo de controle do microcontrolador JackRabbit BL1810.

```
void main(){

    char cmd;
    char pump;
    int j;
    //configura porta A como Out (aciona as valvulas)
    WrPortI(SPCR, &SPCRShadow, 0x84);
    WrPortI(PADR, &PADRShadow, 0x00);
    //inicia com a bomba hidraulica desligada
    pump = 0;

    //liga e desliga a bomba
    //para indicar inicio do programa
    //(controle da bomba no bit PB6)
    BitWrPortI(PBDR, &PBDRShadow, 1, 6);
    for(j=0;j<2500;j++)
        ;
    BitWrPortI(PBDR, &PBDRShadow, 0, 6);

    //aguarda a abertura da porta serial B
    while(!serBopen(9600)){
        printf("esperando serBopen()");
    }

    while(1){ //loop

        // le porta serial B
        cmd = serBgetc();

        //se recebeu algo
        if(cmd != 255){
            //se ligar/desligar bomba hidraulica
            if(cmd == 254){
                pump ^= 1;
                BitWrPortI(PBDR, &PBDRShadow, pump, 6);
            }
            else{ //se acionar valvulas
                WrPortI(PADR, &PADRShadow, cmd);
                printf("cmd");
            }
        }
    } //fim do loop

    //fecha porta serial (embora nunca eh executado)
    serBclose();

}
```

Script 2 – Classe usada pela interface gráfica (em Java) para enviar os dados de controle para o microcontrolador Jackrabbit

```
/** Envia os dados de controle para o JackRabbit
 *
 * O inteiro a ser enviado deve ser obtido pelo metodo
 * commands() da classe 'Commandos'
 */

import java.io.OutputStream; import javax.comm.CommPortIdentifier;
import javax.comm.SerialPort;

public class CommROV {

    private static OutputStream os;
    private static CommROV serialTorno;

    /** Creates a new instance of CommROV */
    public CommROV() {
        try {
            CommPortIdentifier ci = CommPortIdentifier.getPortIdentifier("COM1");

            SerialPort porta = (SerialPort)ci.open("SComm", 1000);
            os = porta.getOutputStream();
            porta.setSerialPortParams(9600, porta.DATABITS_8,
                                     porta.STOPBITS_1, porta.PARITY_NONE);

        } catch (Exception e) {
            System.out.println("Erro com o serial");
        }
    }

    public void enviar(int i) {
        try {
            os.write(i);
        } catch (Exception e) { }
    }

    public void close() {
        try{
            os.close();
        } catch (Exception e) { }
    }
}
```

Script 3 – Classe usada para determinar os dados de controle a serem enviados para o microcontrolador JackRabbit

```
/** Determinar o Byte de controle atraves do metodo commands()
 */

public class Comandos{
    private int esq, dir, cima, baixo, abre, fecha, avanca, recua;

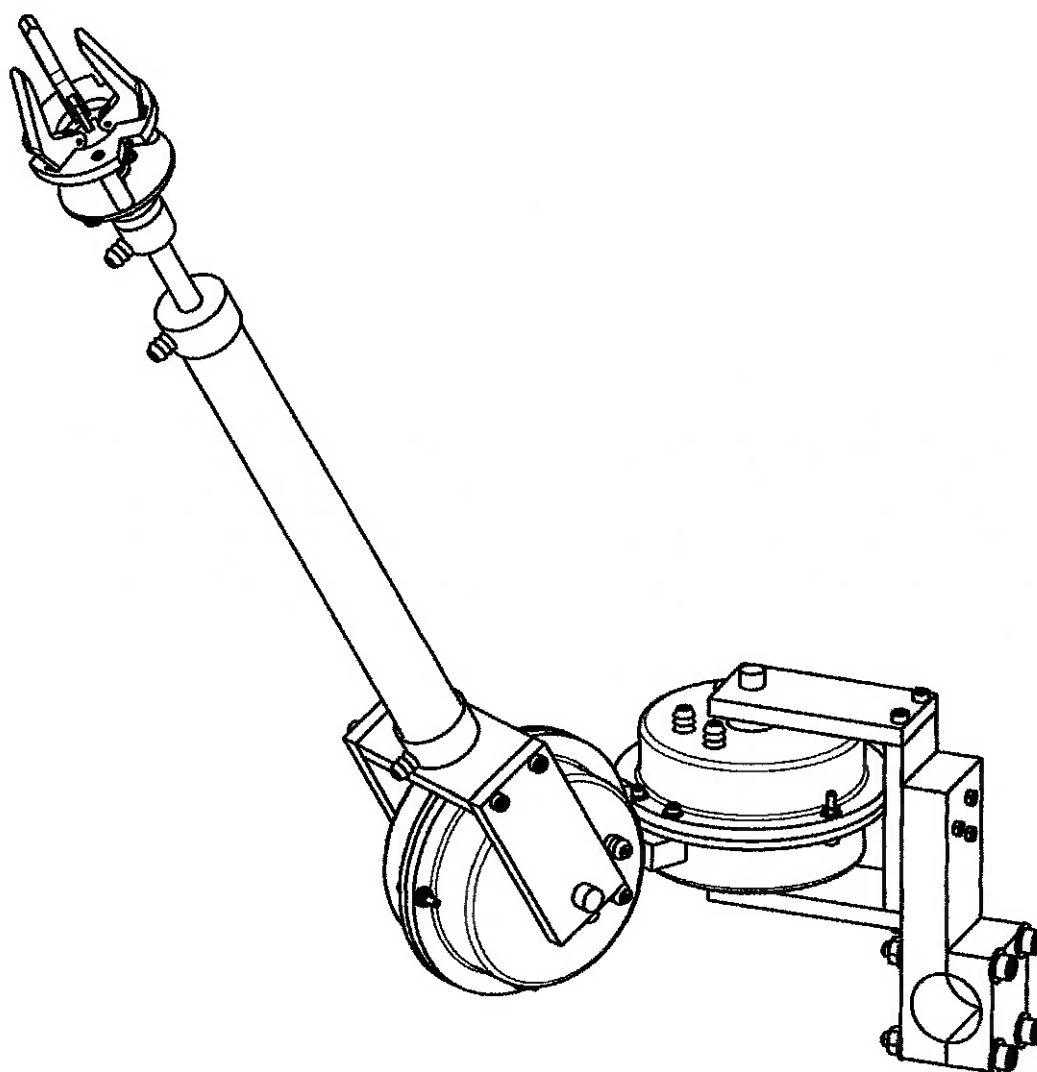
    //construtor
    public Comandos(){
        esq = 0;
        dir = 0;
        cima = 0;
        baixo = 0;
        abre = 0;
        fecha = 0;
        avanca = 0;
        recua = 0;
    }

    //nos metodos abaixo, considerar i = 1 para sim e 0 para nao
    public void left(int i){ esq = i*1; }
    public void right(int i){ dir = i*2; }
    public void up(int i){ cima = i*4; }
    public void down(int i){ baixo = i*8; }
    public void fwd(int i){ avanca = i*16; }
    public void bwd(int i){ recua = i*32; }
    public void open(int i){ abre = i*64; }
    public void close(int i){ fecha = i*128; }

    public void reset(){
        esq = 0;
        dir = 0;
        cima = 0;
        baixo = 0;
        avanca = 0;
        recua = 0;
        abre = 0;
        fecha = 0;
    }

    public int commands(){
        int res = abre+fecha+cima+baixo+avanca+recua+esq+dir;
        return res;
    }
}
```

Apêndice C – Desenhos de Fabricação



Bill of Material: Junta_Rotativa

N°	Nome	Qtd
1	Juntas Rotativas	2
2	Parafusos Allen M4x16	3
3	Pistão da Junta Telescópica	1
4	Efetuator	1

Manipulador

Título: **Desenho de Montagem**

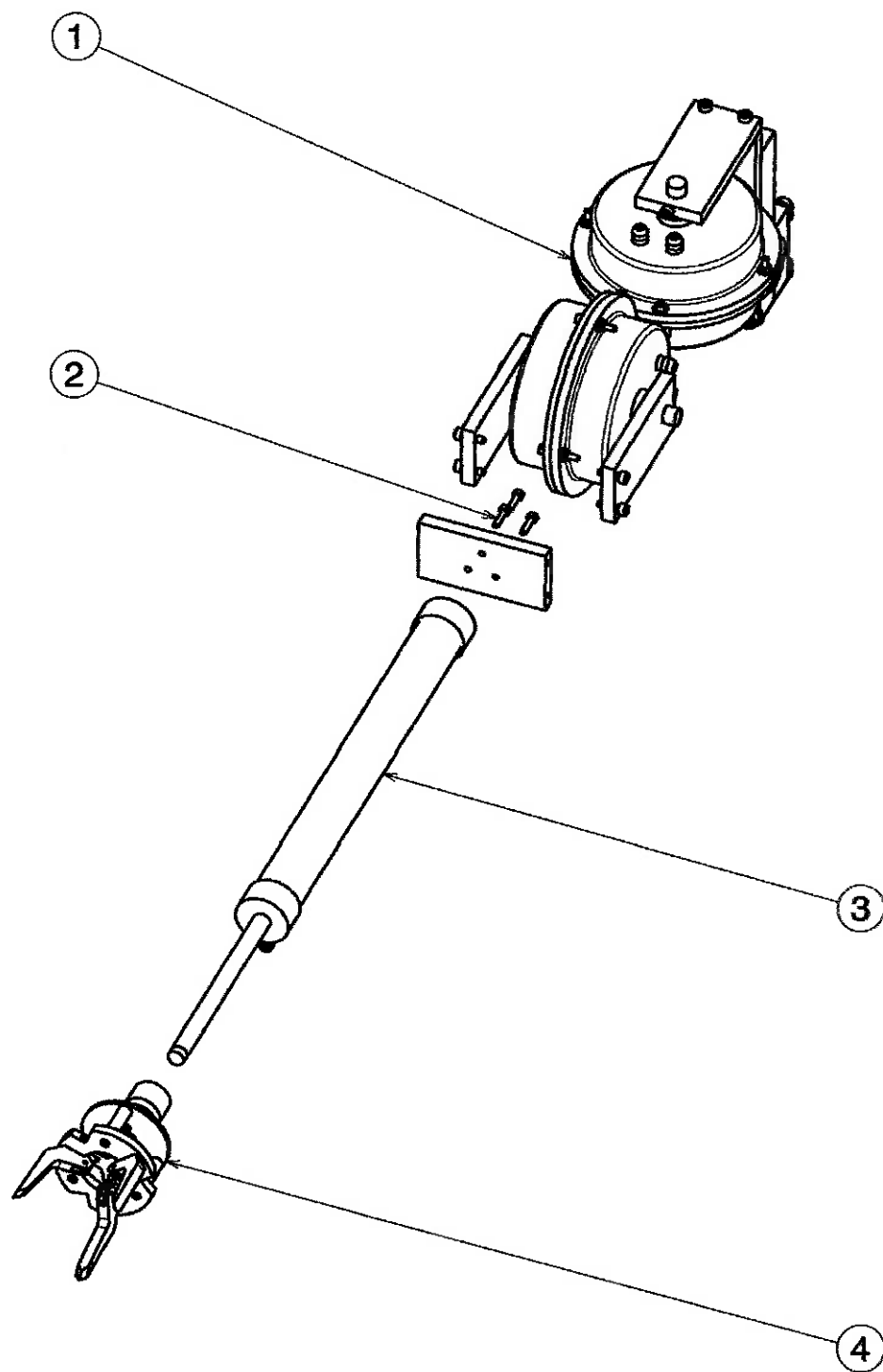
Número:

Tamanho: **A4**

Escala: **1:4**

Folha: **01/02**

Data: **10/12/2006**



Manipulador

Título: **Desenho de Montagem**

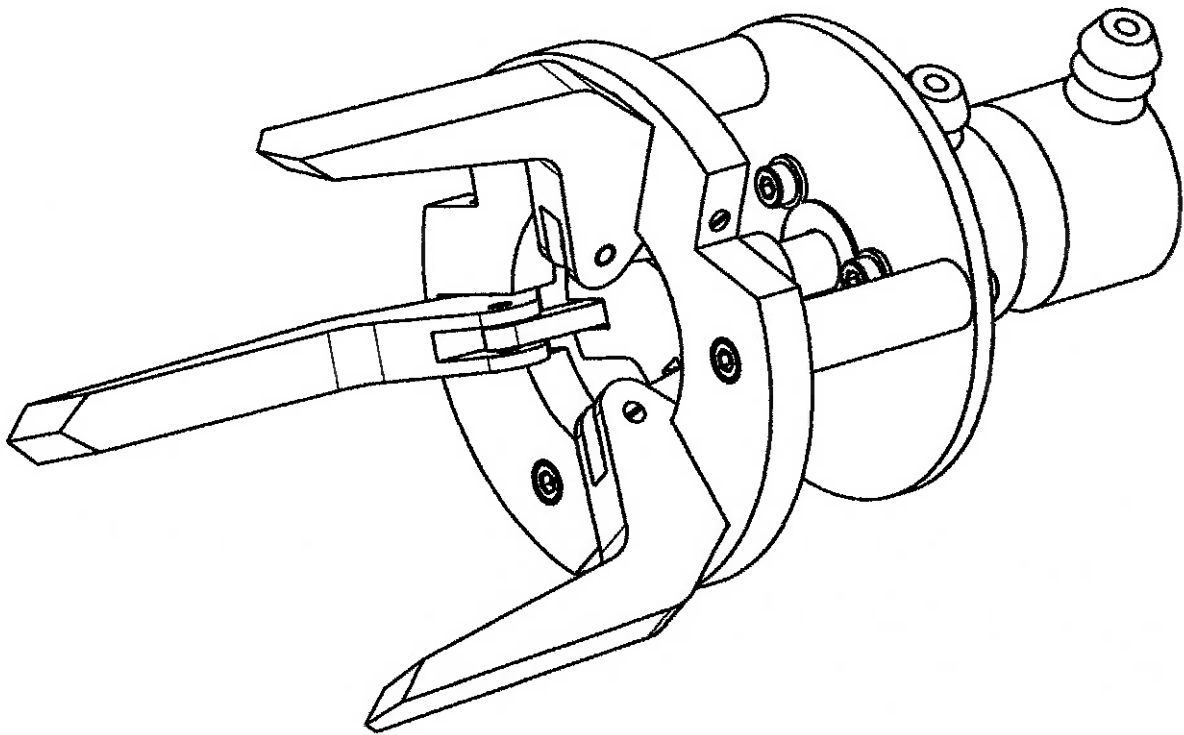
Número:

Tamanho: **A4**

Escala: **1:5**

Folha: **02/02**

Data: **10/12/2006**



Lista de Peças

Nº	Nome	Qtd
	Pistão da Garra	1
1	Acoplamento Pistão-Garra	1
2	Parafuso Allen M4x16	1
3	Flange	1
4	Junção	1
5	Prisioneiro M3x12	3
6	Ligamento	3
7	Base	1
8	Eixo da Base	3
9	Dedo	3
10	Prisioneiro M3x8	3
11	Espaçador	3
12	Parafuso Allen M3x16	6
13	Parafuso Allen M3x8	3
14	Arruela M3	3
15	Porca M4	1

Efetuator

Título: **Desenho de Montagem**

Número:

Tamanho: **A4**

Escala: **1:1**

Folha: **01/04**

Data: **10/12/2006**



Efetuator

Título: Desenho de Montagem

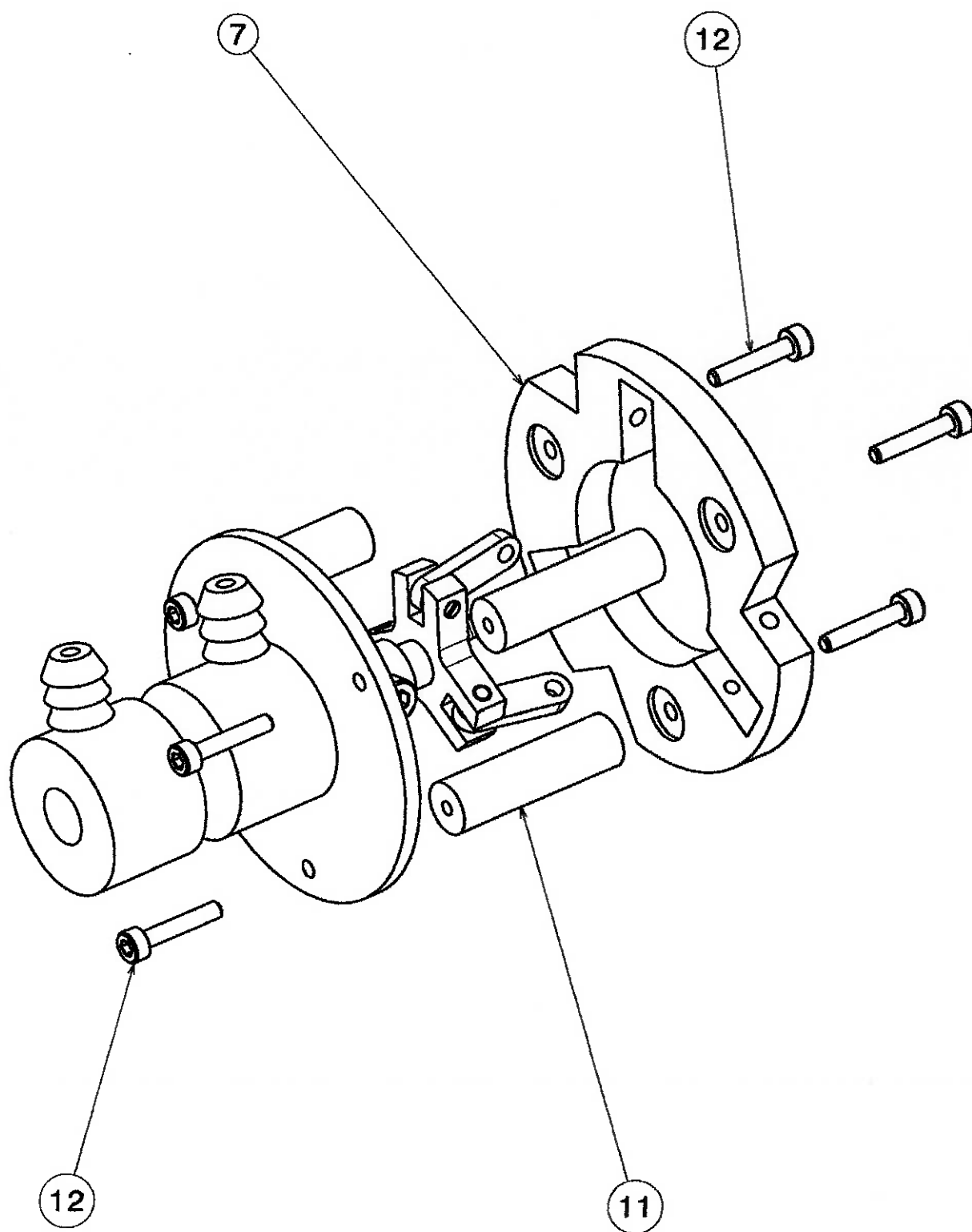
Número:

Tamanho: A4

Escala: 1:1

Folha: 02/04

Data: 10/12/2006



Efetuator

Título: **Desenho de Montagem**

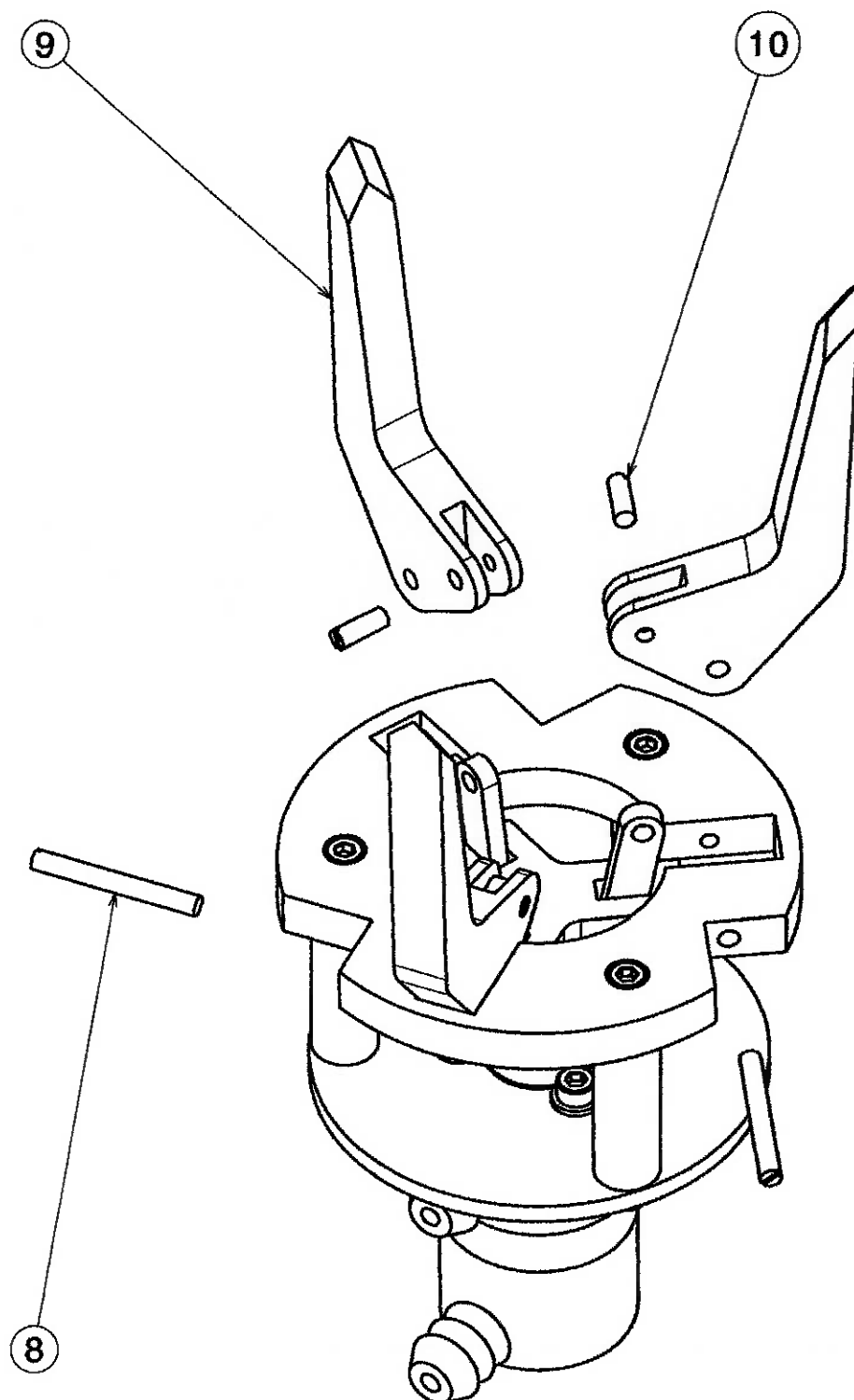
Número:

Tamanho: **A4**

Escala: **1:1**

Folha: **03/04**

Data: **10/12/2006**



Efetuator

Título: **Desenho de Montagem**

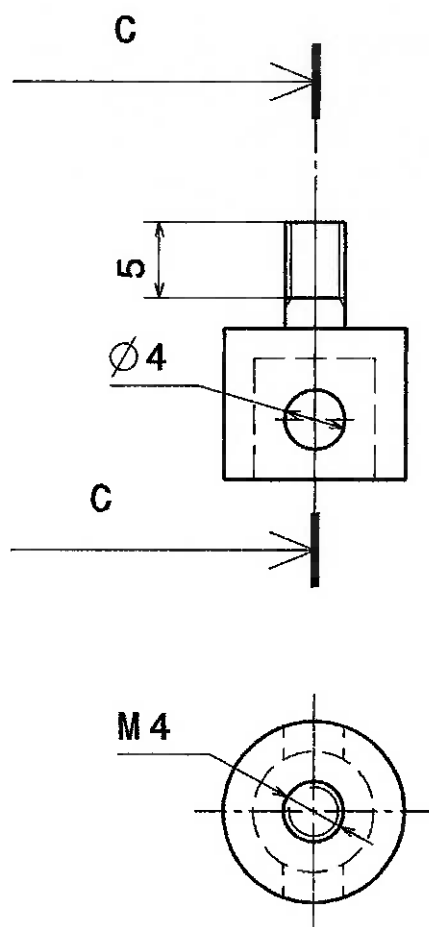
Número:

Tamanho: **A4**

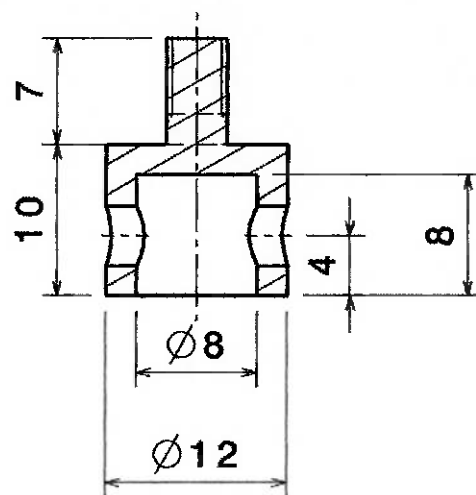
Escala: **1:1**

Folha: **04/04**

Data: **10/12/2006**



Section view C-C



Material: Alumínio

Efetuator

Título: Acoplamento Pistão-Garra

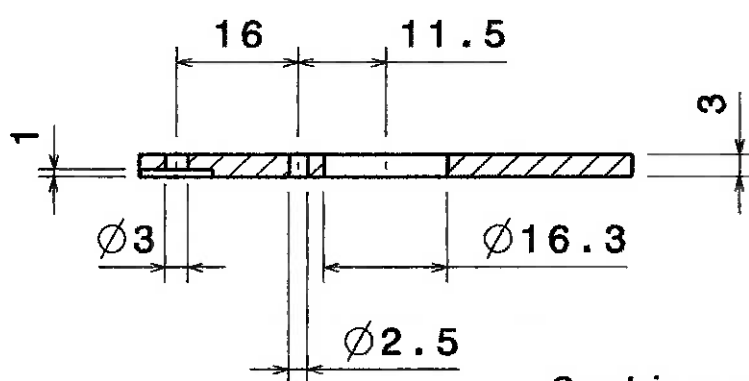
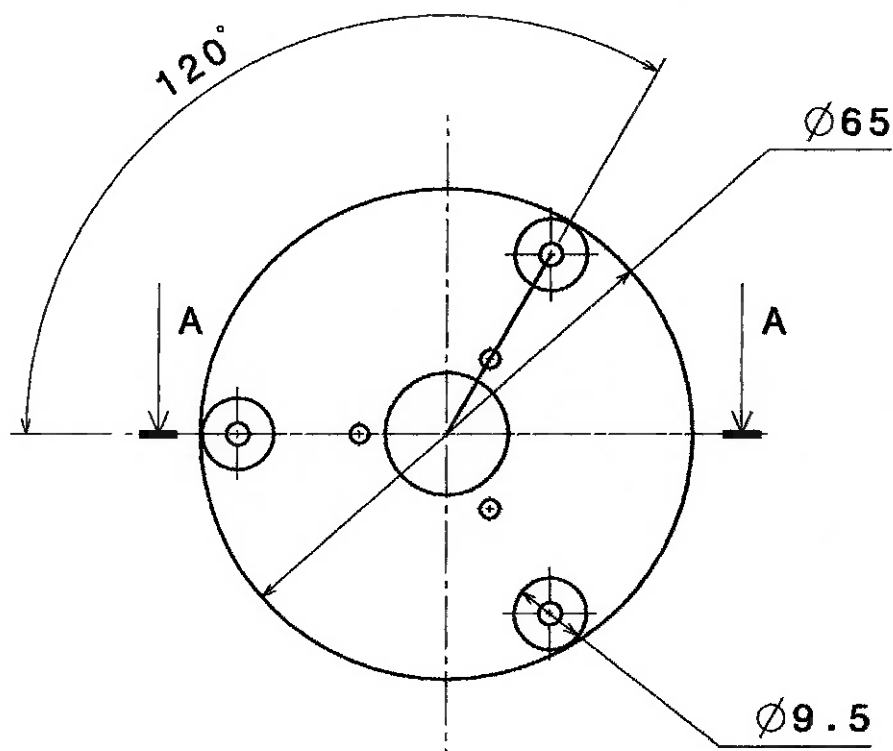
Número: 01

Tamanho: A4

Escala: 2:1

Folha: 01/01

Data: 10/12/2006



Section view A-A

Material: Alumínio

Efetuator

Título:

Flange

Número:

03

Tamanho:

A4

Escala:

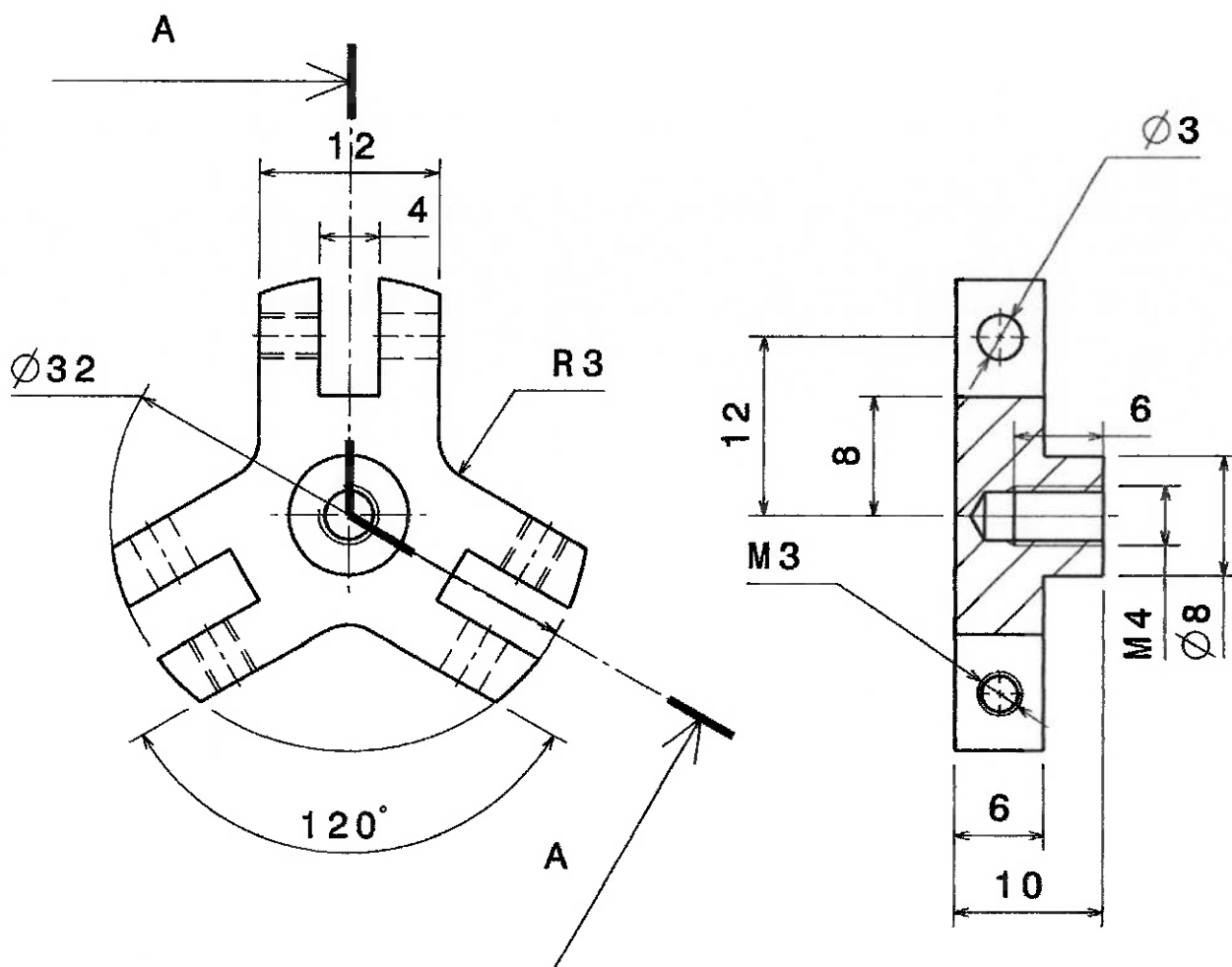
1:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Section view A-A

Material: Alumínio

Efetuator

Título:

Junção

Número:

04

Tamanho:

A4

Escala:

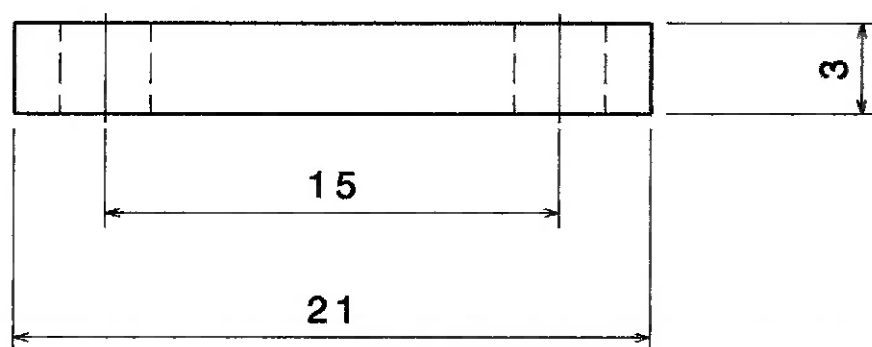
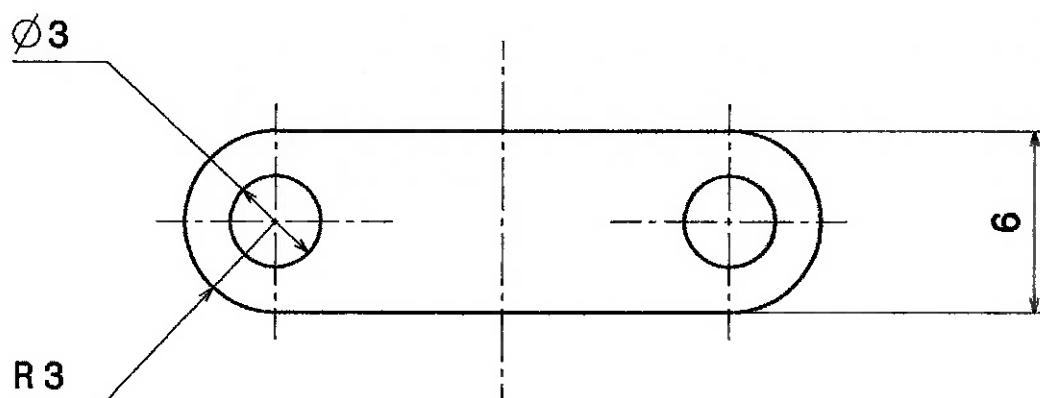
2:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Material: Alumínio

Efetuator

Título:

Ligamento

Número:

06

Tamanho:

A4

Escala:

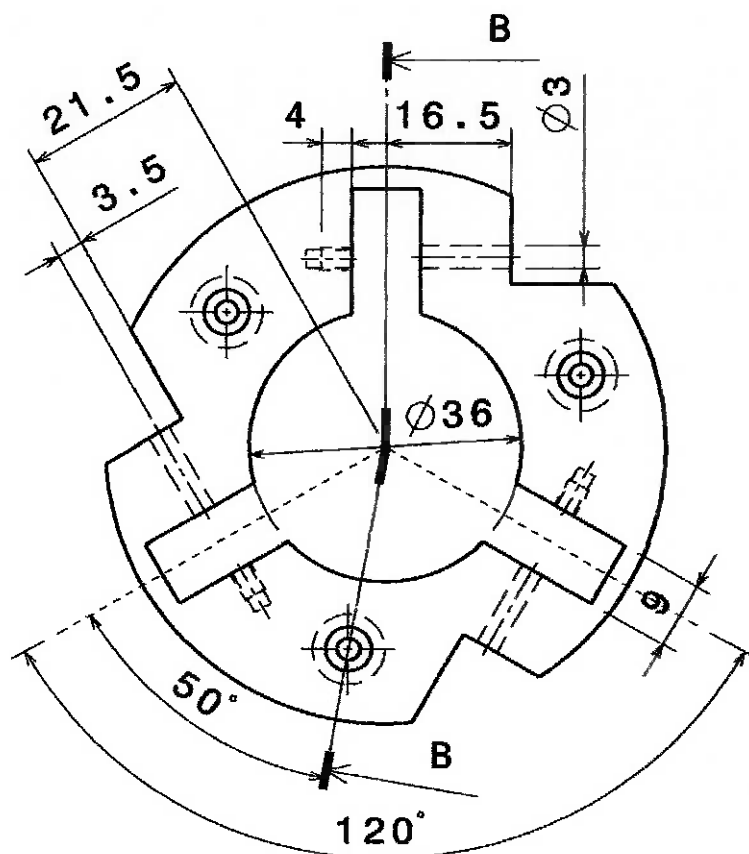
4:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Material: Alumínio

Título:

Base

Número:

07

Tamanho:

A4

Escala:

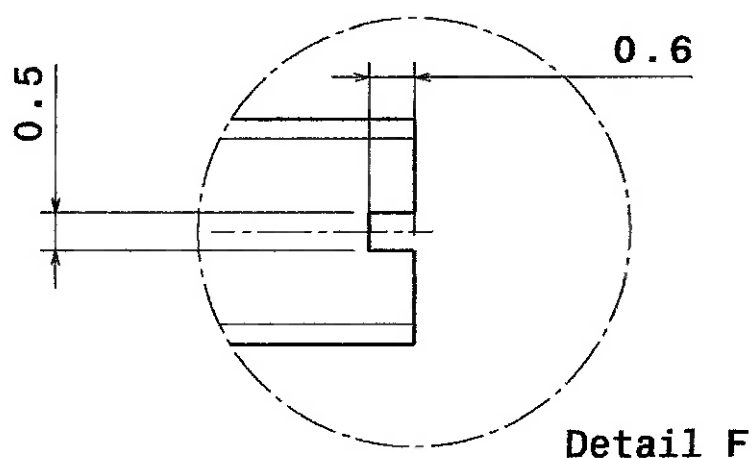
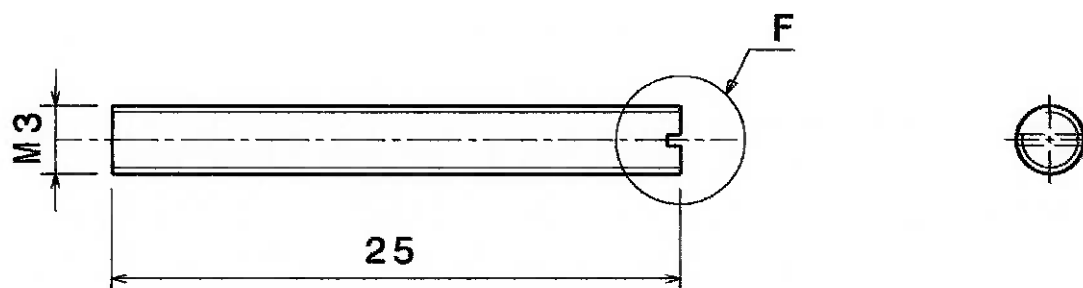
1:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Material: Aço Inox 304

Efetuator

Título:

Eixo da Base

Número:

08

Tamanho:

A4

Escala:

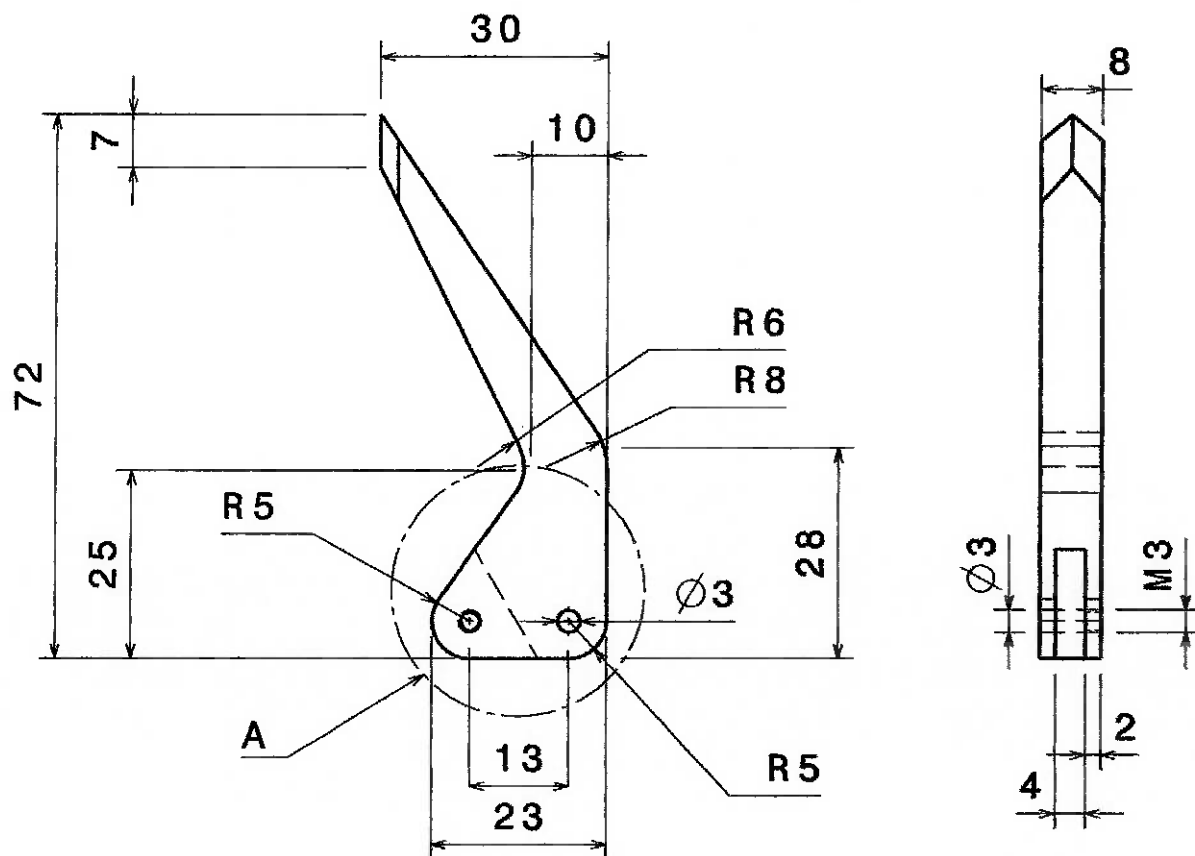
3:1

Folha:

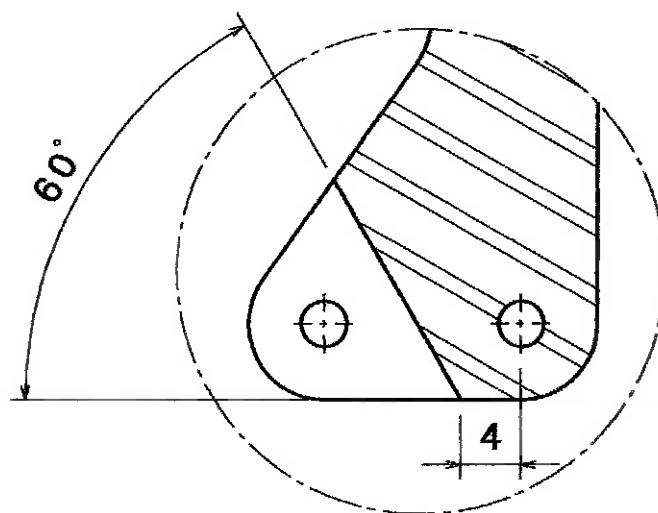
01/01

Data:

10/12/2006



Detail A
Scale: 2:1



Material: Alumínio

Efetuator

Título:

Dedo

Número:

09

Tamanho:

A4

Escala:

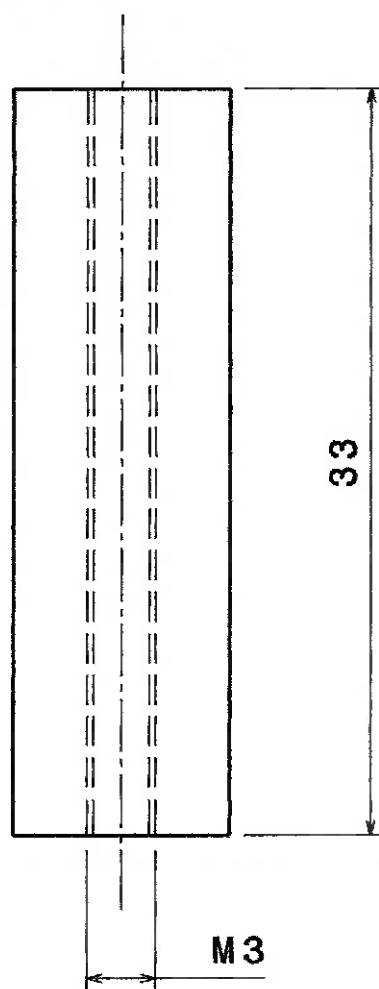
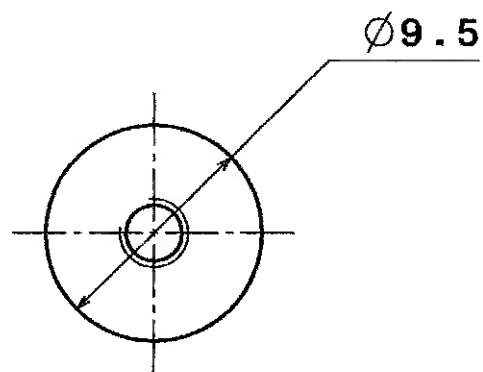
1:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Material: Alumínio

Efetuator

Título:

Espaçador

Número:

11

Tamanho:

A4

Escala:

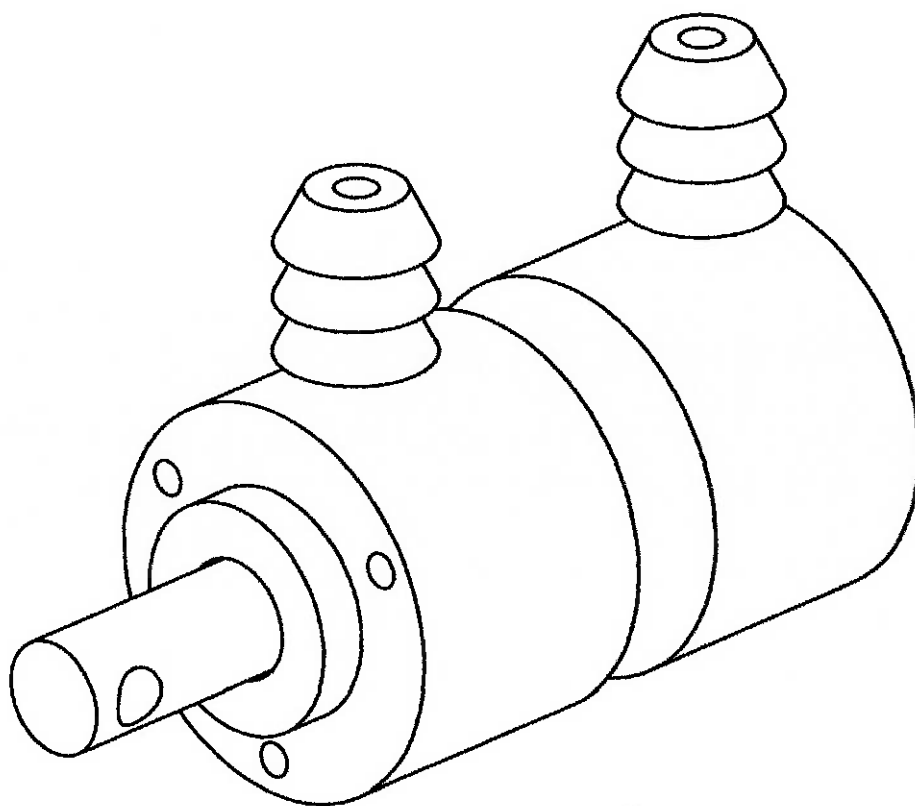
3:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Lista de Peças

N°	Nome	Qtd
1	Camisa	1
2	Haste	1
3	Êmbolo	1
4	Tampa Posterior	1
5	Tampa Anterior	1
6	Conexão M8	2

Pistão do Efetuador

Título:

Desenho de Montagem

Número:

Tamanho:

A4

Escala:

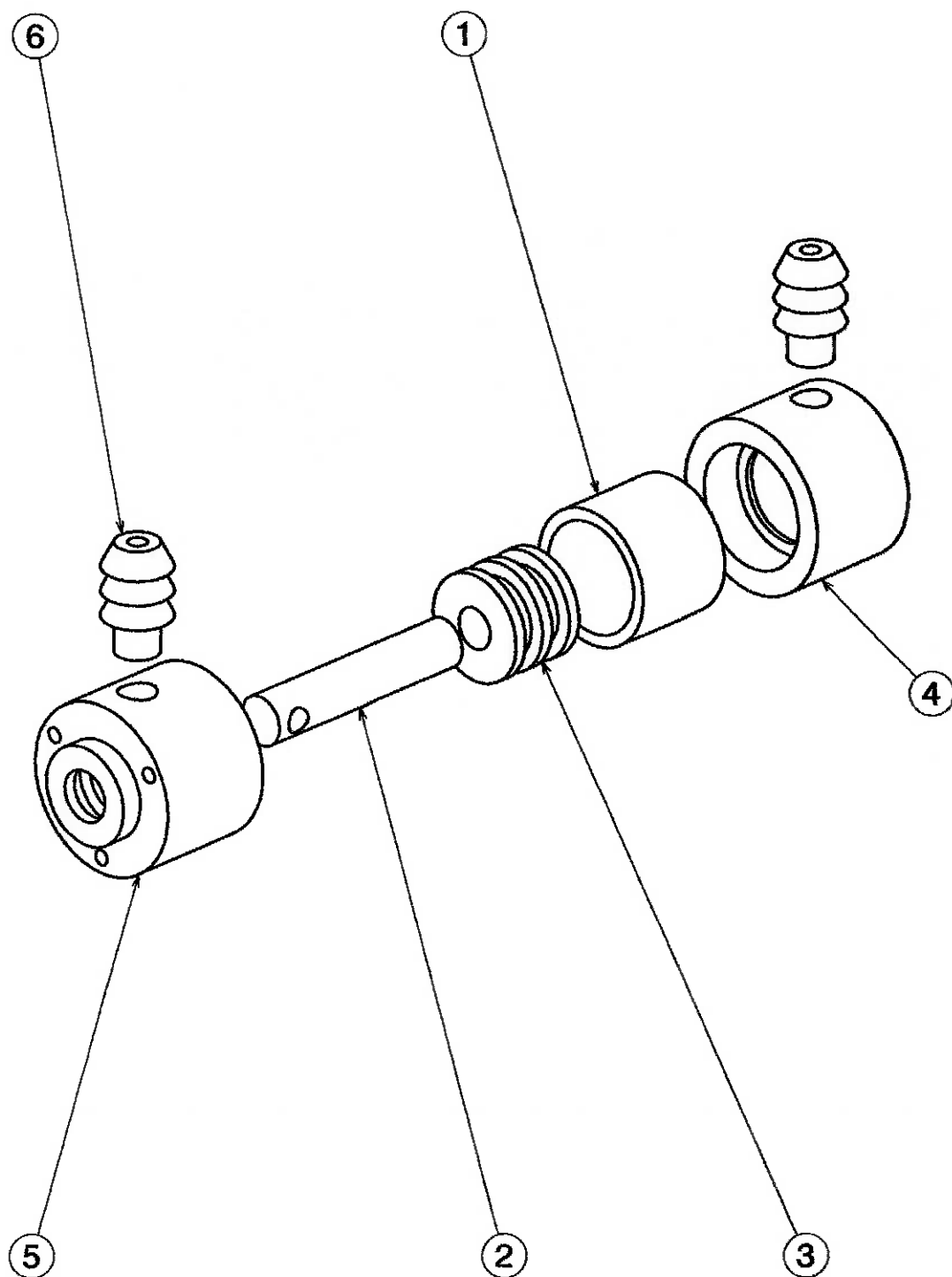
1:1

Folha:

01/02

Data:

10/12/2006



Pistão do Efetuador

Título: **Desenho de Montagem**

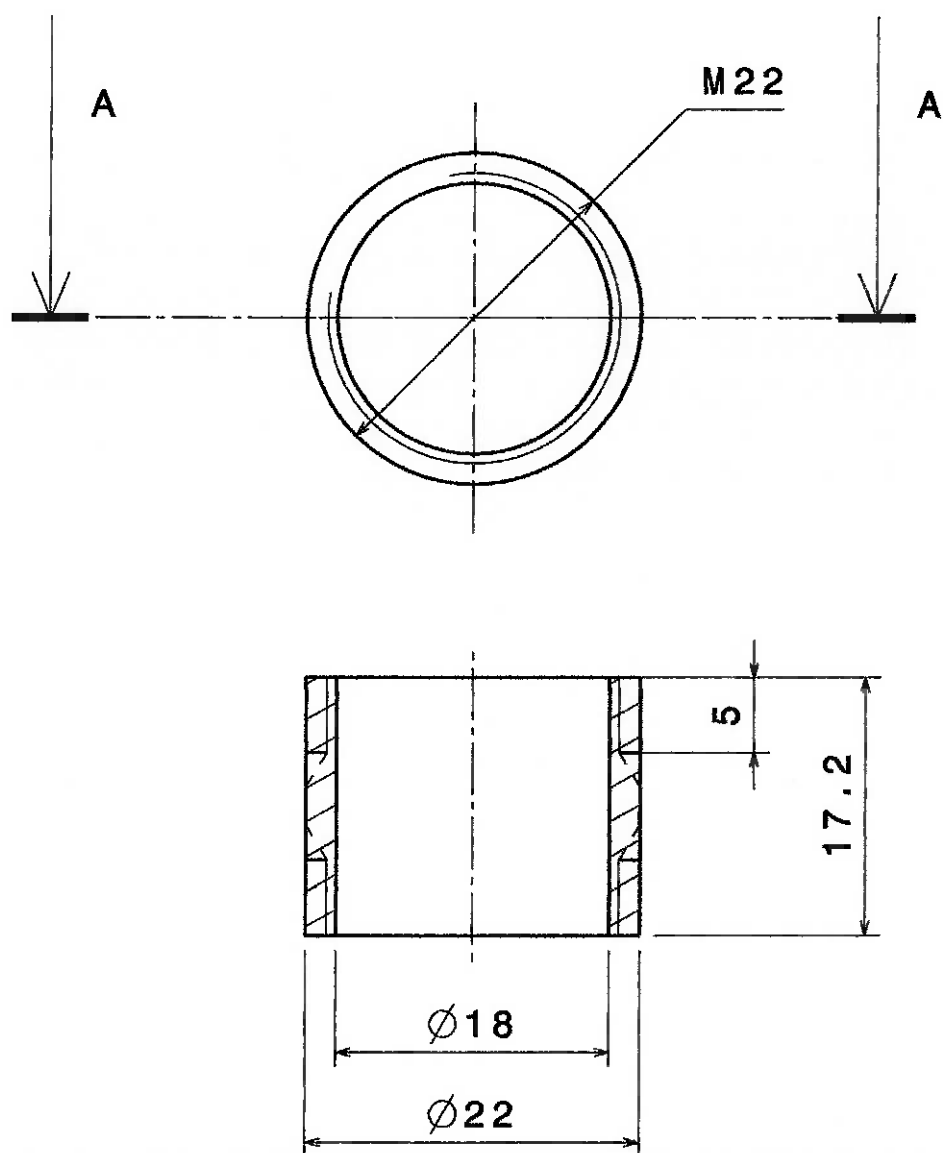
Número:

Tamanho: **A4**

Escala: **1:1**

Folha: **02/02**

Data: **10/12/2006**



Section view A-A

Profundidades do filete das roscas: 1mm
Material: aço inox

Pistão do Efetuador

Título:

Camisa

Número:

01

Tamanho:

A4

Escala:

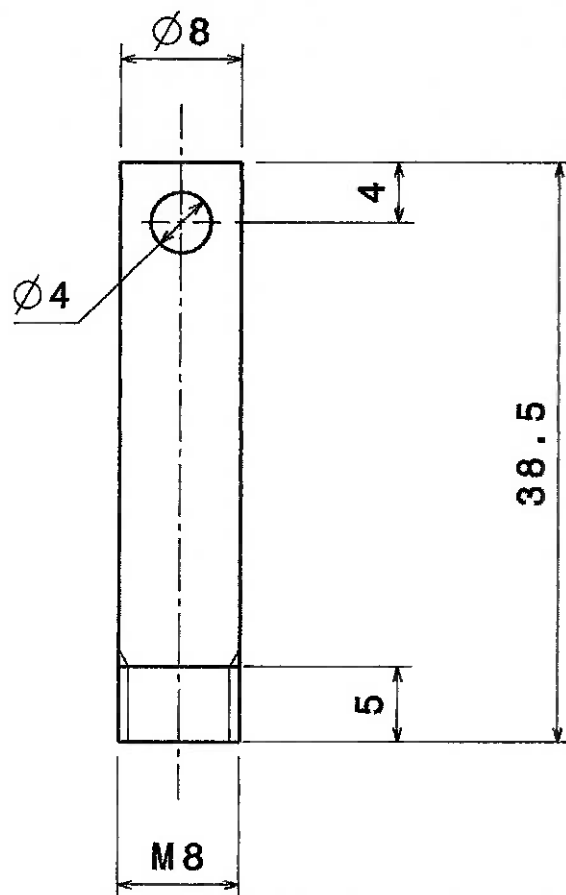
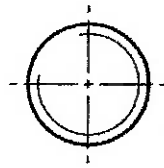
2:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Profundidades do filete das roscas: 1mm
Material: aço inox

Pistão do Efetuador

Título:

Haste

Número:

02

Tamanho:

A4

Escala:

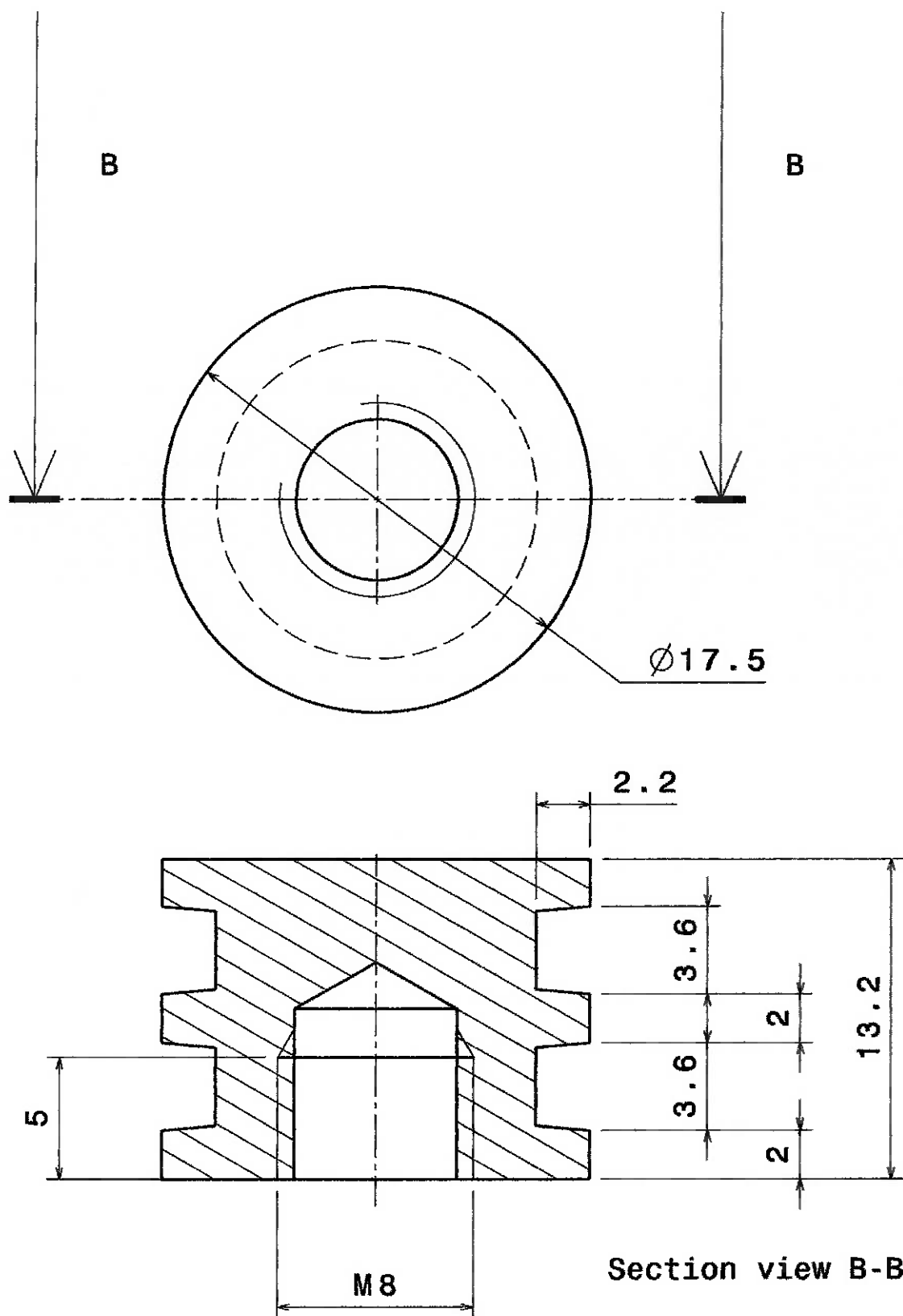
2:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Material: alumínio

Pistão do Efetuador

Título:

Êmbolo

Número:

03

Tamanho:

A4

Escala:

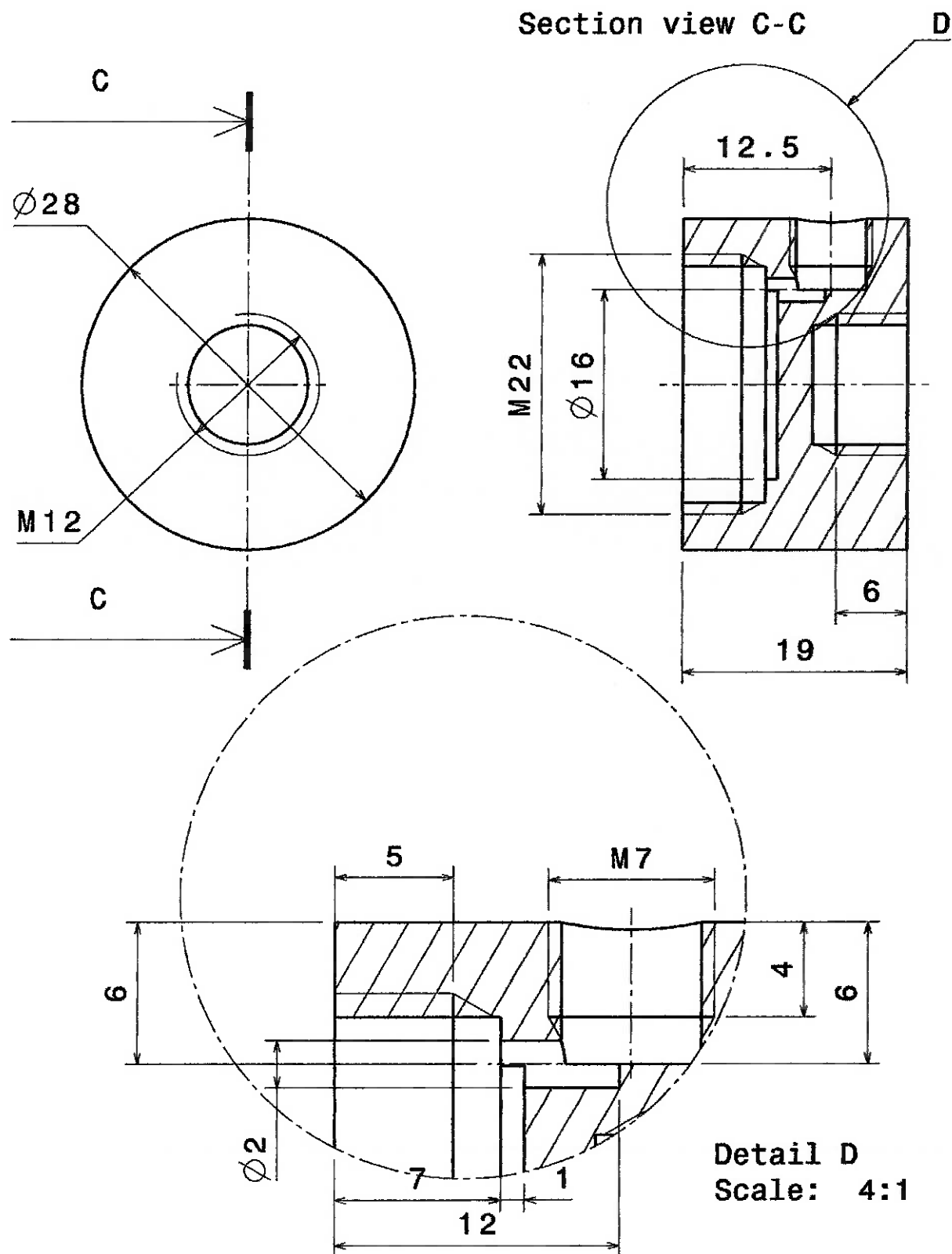
4:1

Folha:

01/01

Data:

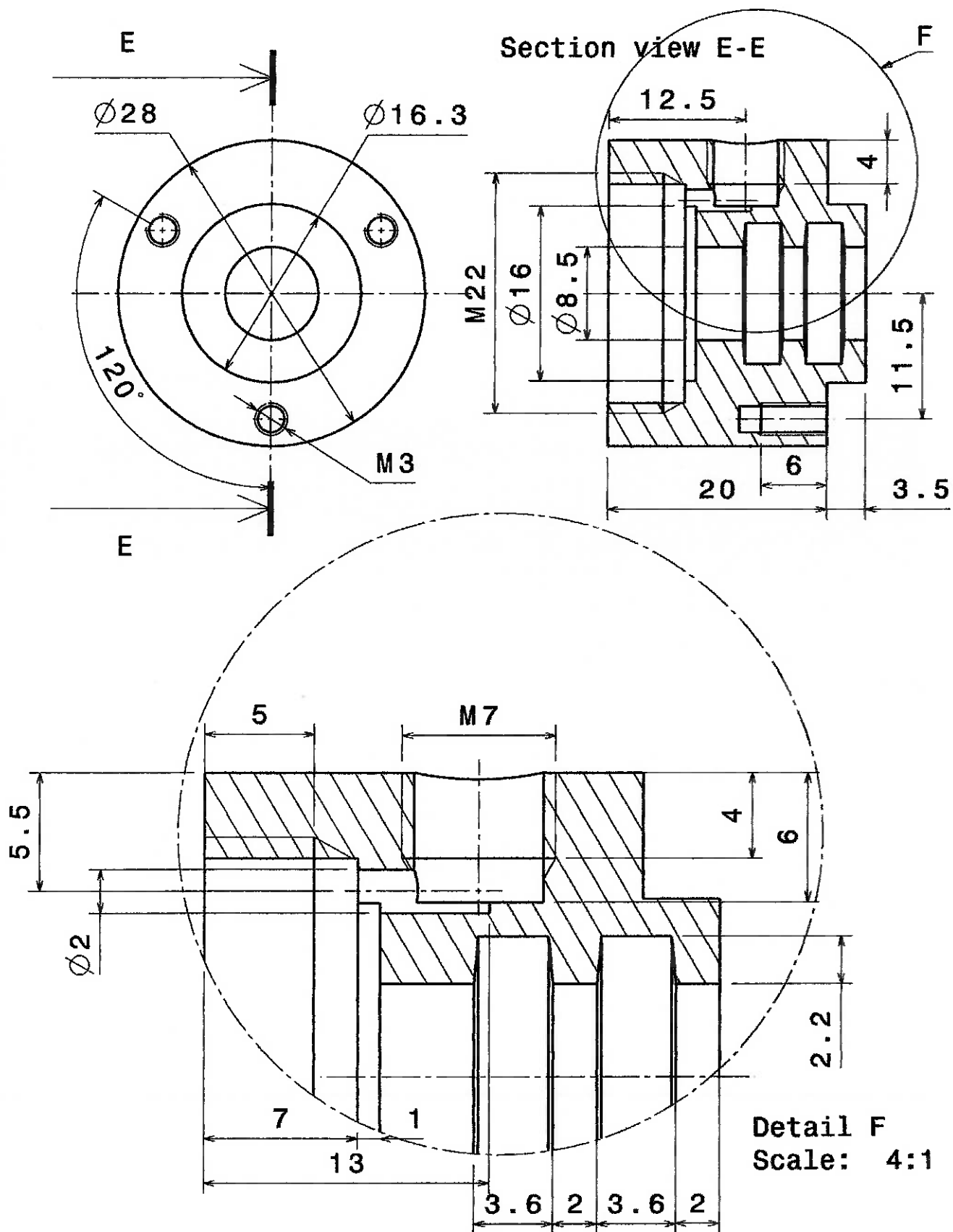
10/12/2006



Profundidades do filete das roscas: 1mm
Material: alumínio

Pistão do Efetuador

Título: Tampa Posterior			Número: 04
Tamanho: A4	Escala: 2:1	Folha: 01/01	Data: 10/12/2006



Profundidades do filete das roscas: 1mm
Material: alumínio

Pistão do Efetuador

Título:

Tampa Anterior

Número:

05

Tamanho:

A4

Escala:

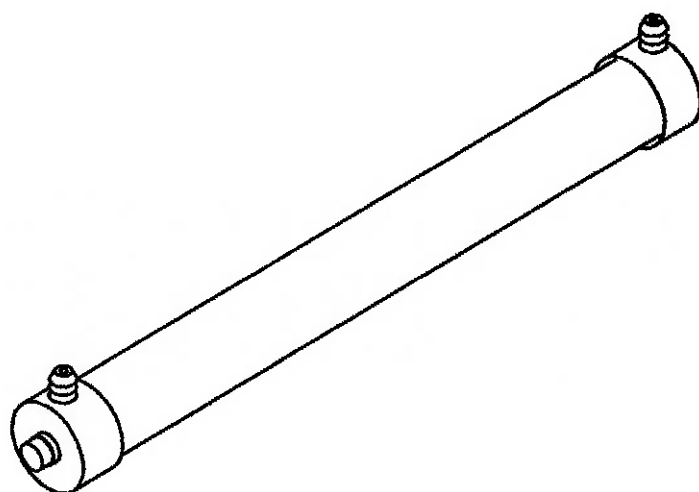
2:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Lista de Peças

Nº	Nome	Qtd
1	Tampa Posterior	1
2	Camisa	1
3	Tampa Anterior	1
4	Êmbolo	1
5	Haste	1
6	Conexão NPT 1/8"	2

Pistão da Junta Telescópica

Título: **Desenho de Montagem**

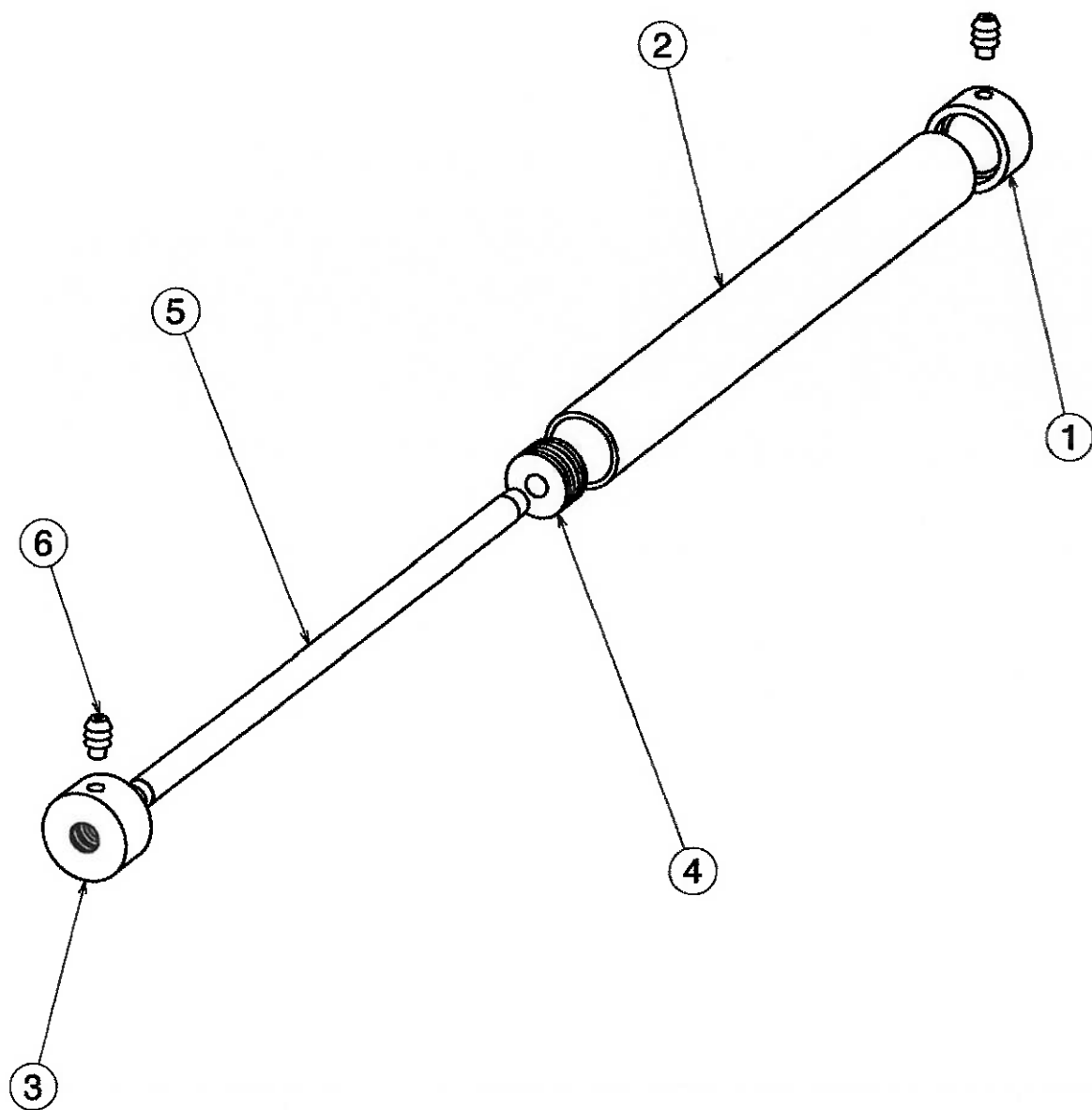
Número:

Tamanho: **A4**

Escala: **1:3**

Folha: **01/02**

Data: **10/12/2006**



Pistão da Junta Telescópica

Título: **Desenho de Montagem**

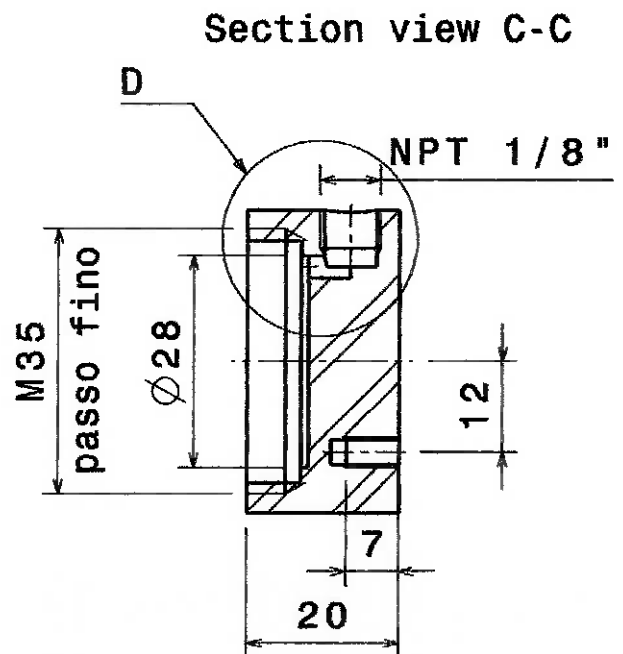
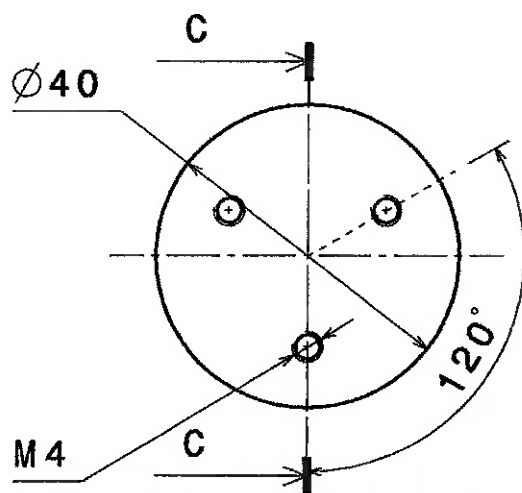
Número:

Tamanho: **A4**

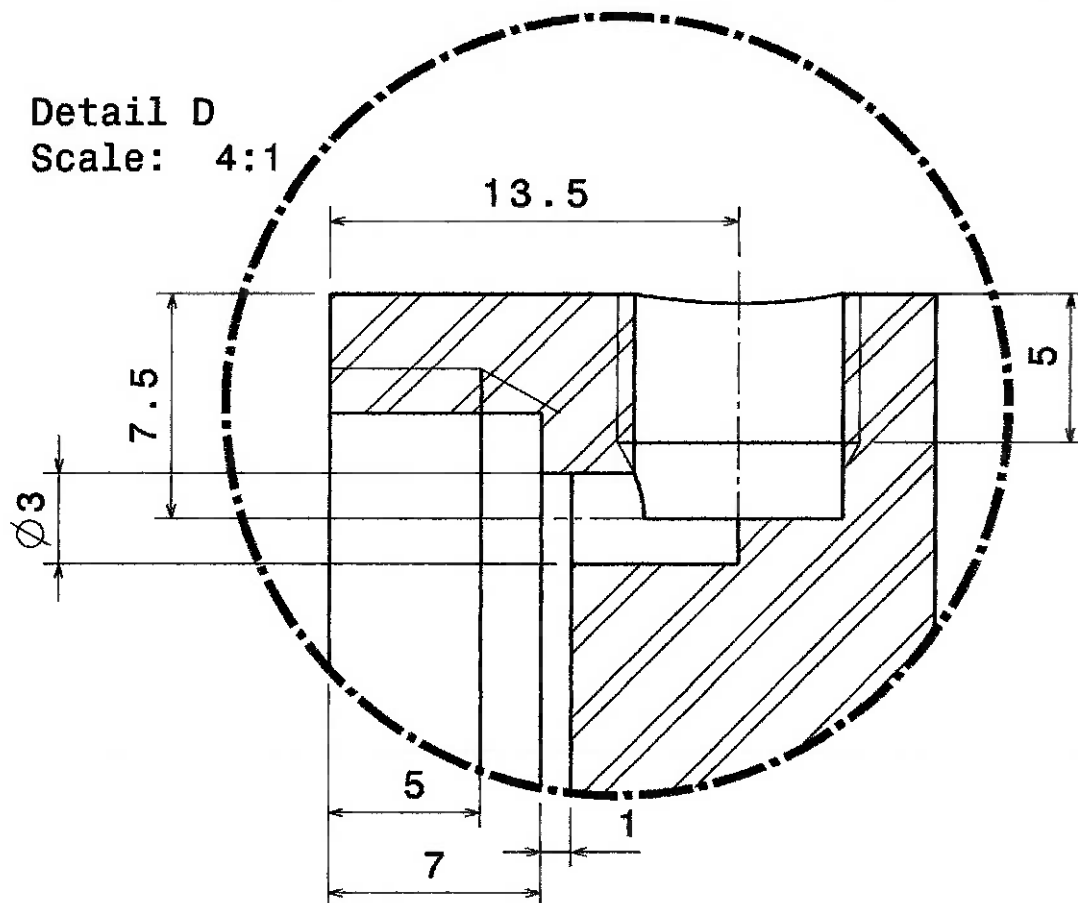
Escala: **1:3**

Folha: **02/02**

Data: **10/12/2006**



Detail D
Scale: 4:1



Material: alumínio

Pistão da Junta Telescópica

Título: Tampa Posterior

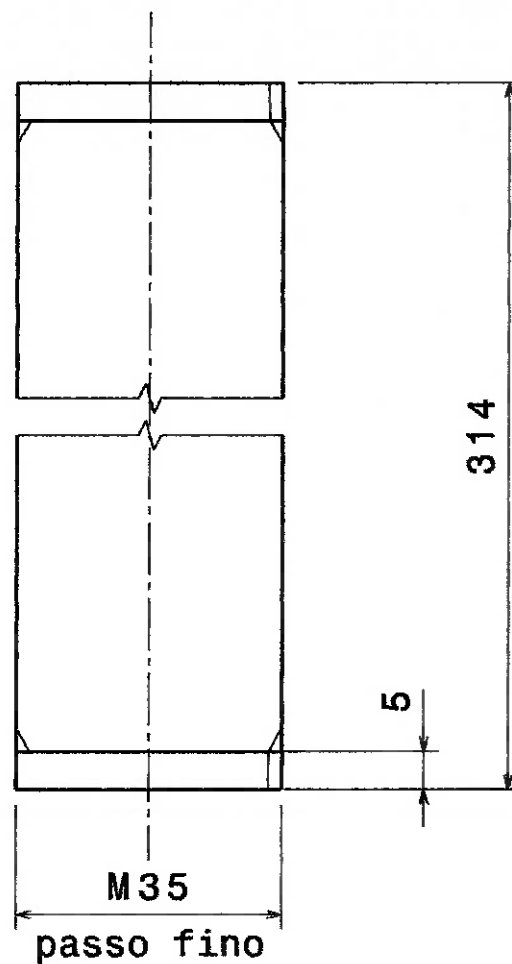
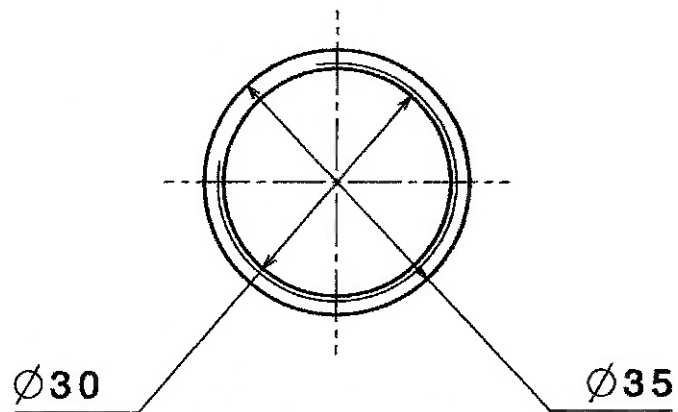
Número: 01

Tamanho: A4

Escala: 1:1

Folha: 01/01

Data: 10/12/2006



Material: aço inox 304

Manipulador do ROV

Título:

Camisa

Número:

02

Tamanho:

A4

Escala:

1:1

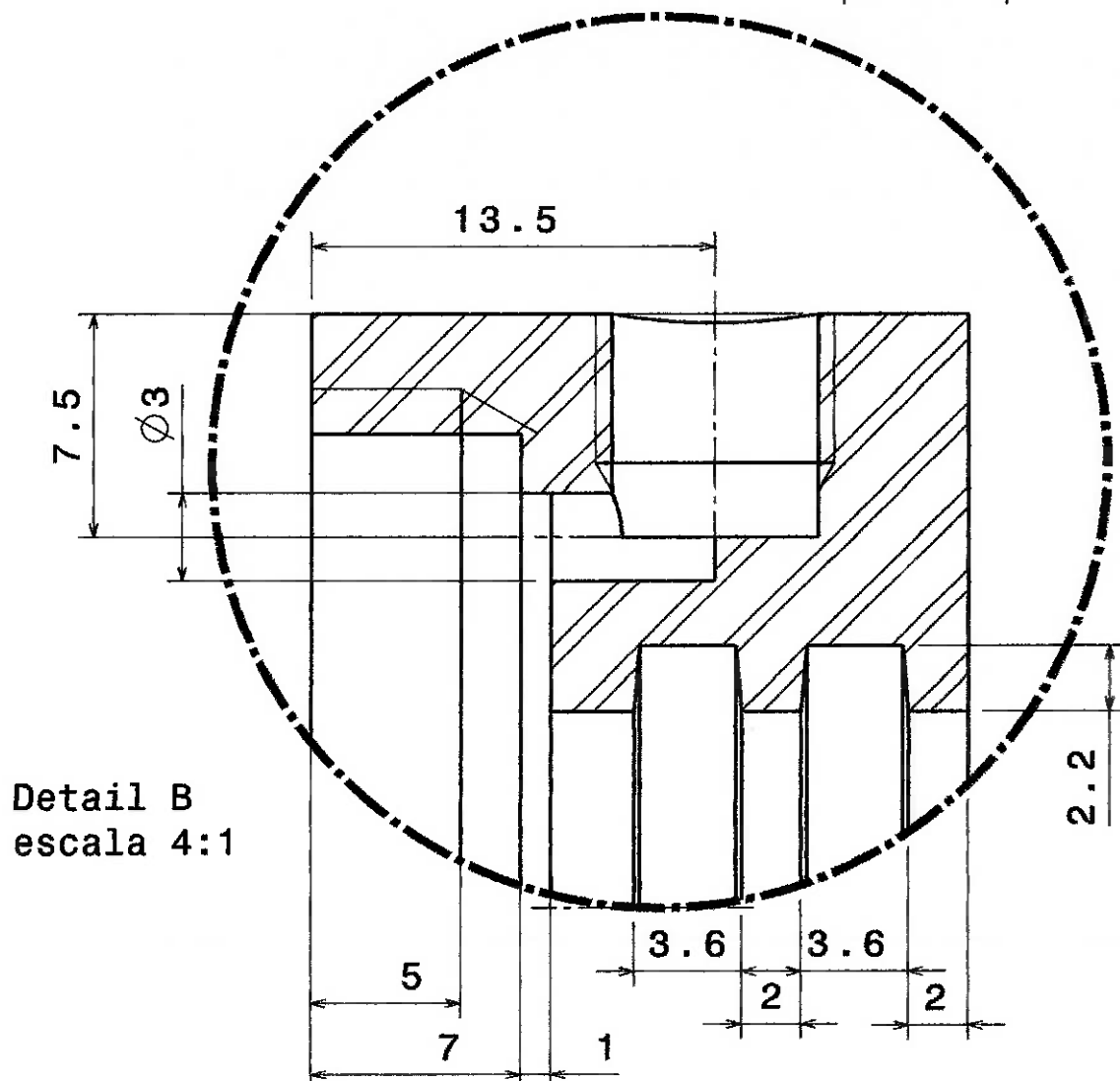
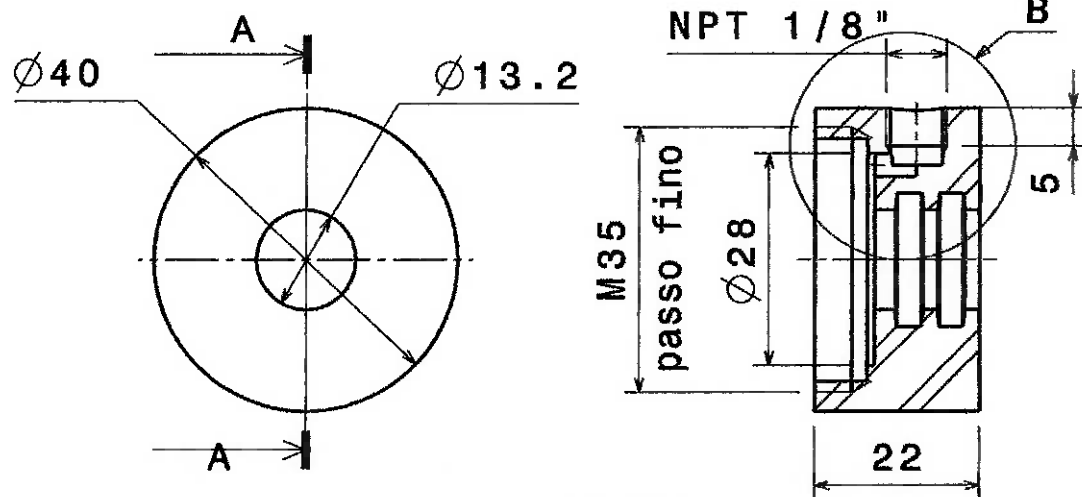
Folha:

01/01

Data:

10/12/2006

Section view A-A



Detail B
escala 4:1

Material: alumínio

Pistão da Junta Telescópica

Título: Tampa Anterior

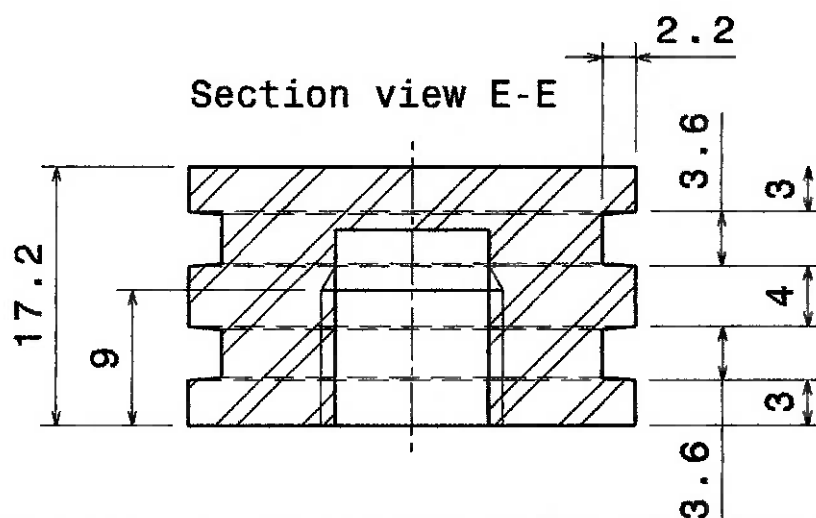
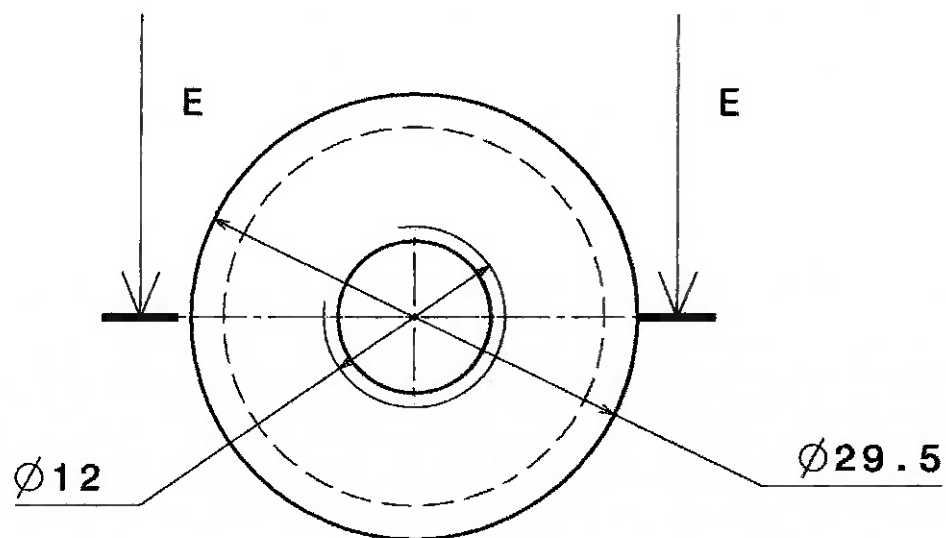
Número: 03

Tamanho: A4

Escala: 1:1

Folha: 01/01

Data: 10/12/2006



Material: alumínio

Pistão da Junta Telescópica

Título: Êmbolo

Número: 04

Tamanho: A4

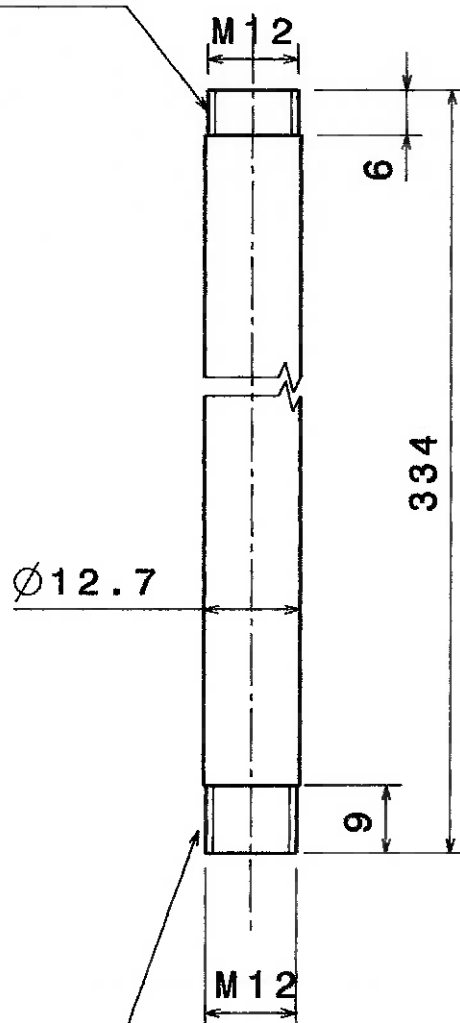
Escala: 2:1

Folha: 01/01

Data: 10/12/2006



Este lado encaixa
no pistão do efetuator



Este lado
encaixa no êmbolo

Material: aço inox 304

Manipulador do ROV

Título:

Haste

Número:

05

Tamanho:

A4

Escala:

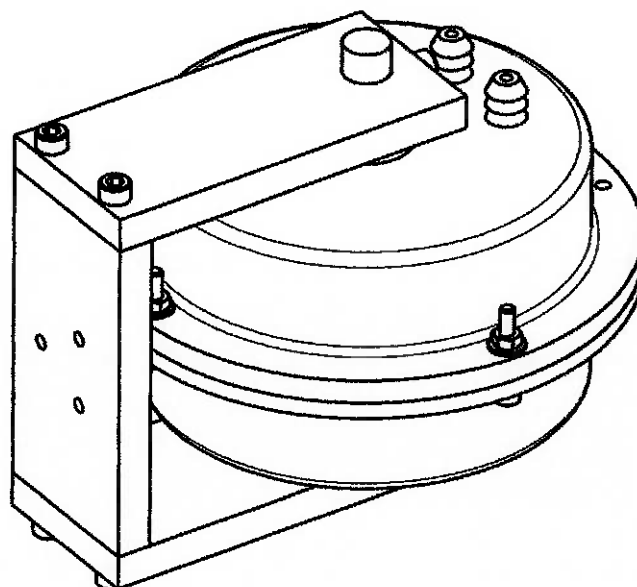
1:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Lista de Peças

N°	Nome	Qtd
1	Parte Central do Garfo	1
2	Lateral do Garfo	2
3	Parafuso Allen M5x16	4
4	Parafuso Allen M5x20	2
5	Parafuso Allen M4x25	3
6	Porca M4	3
7	Arruela M4	6
8	Parede	1
9	Conexão NPT 1/8"	2
10	Camisa A	1
11	Camisa B	1
12	Eixo	1
13	Êmbolo	1

Pistão Rotativo

Título: **Desenho de Montagem**

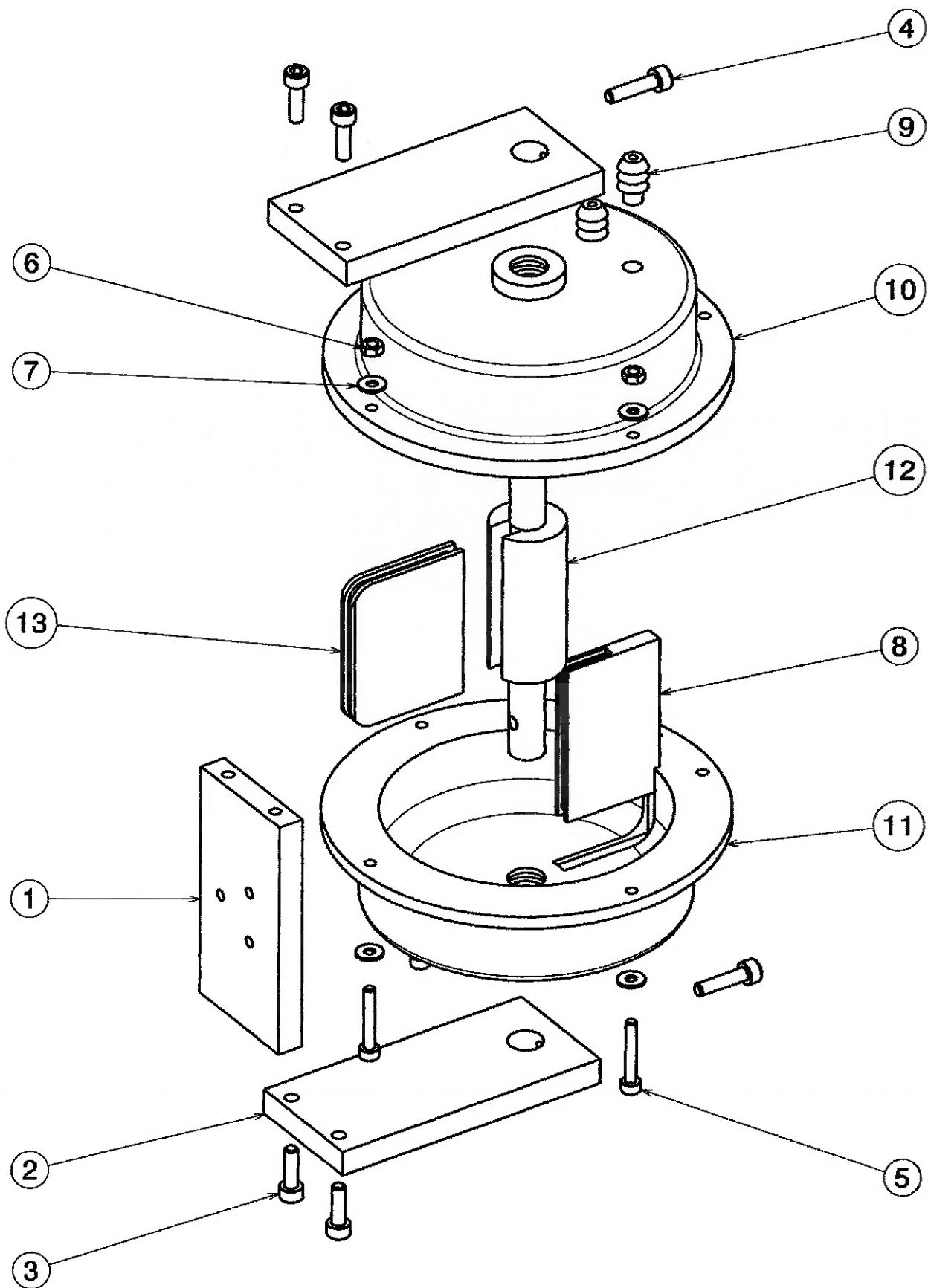
Número:

Tamanho: **A4**

Escala: **1:2**

Folha: **01/02**

Data: **10/12/2006**



Pistão Rotativo

Título:

Desenho de Montagem

Número:

Tamanho:

A4

Escala:

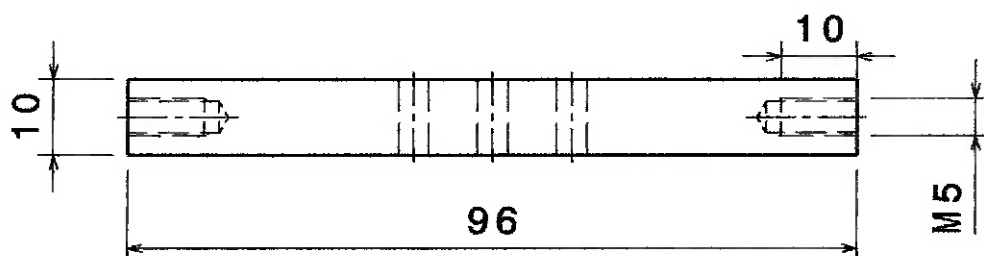
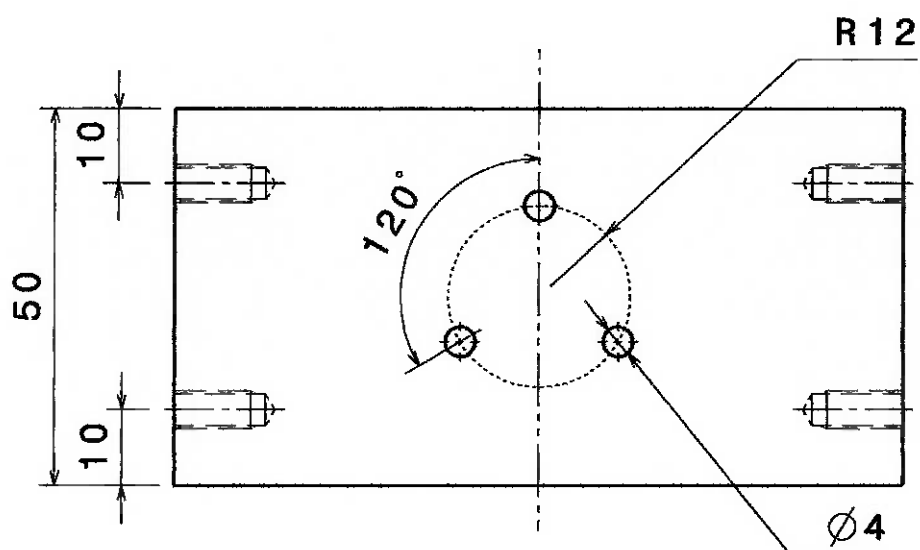
1:2

Folha:

02/02

Data:

10/12/2006



Material: alumínio

Pistão Rotativo

Título: Parte Central do Garfo

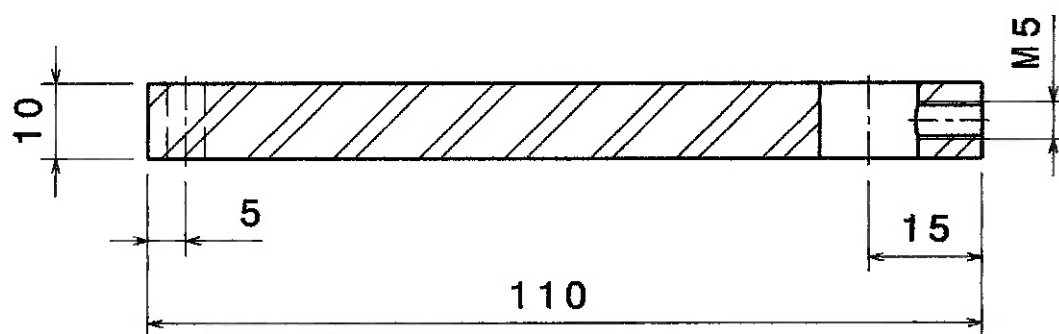
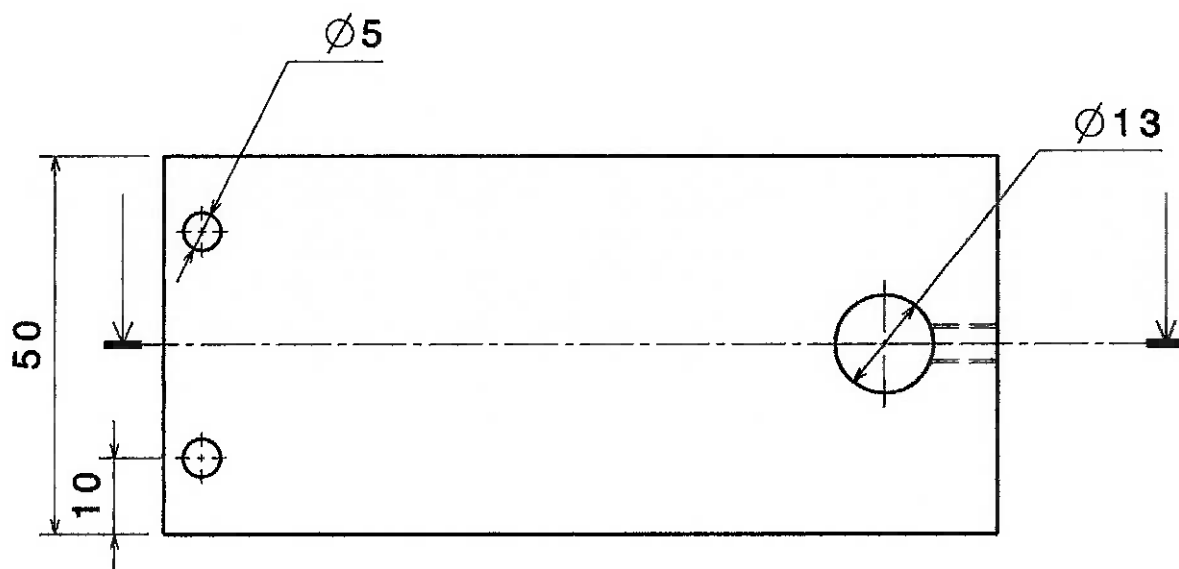
Número: 01

Tamanho: A4

Escala: 1:1

Folha: 01/01

Data: 10/12/2006



Material: alumínio

Pistão Rotativo

Título: Lateral do Garfo

Número: 02

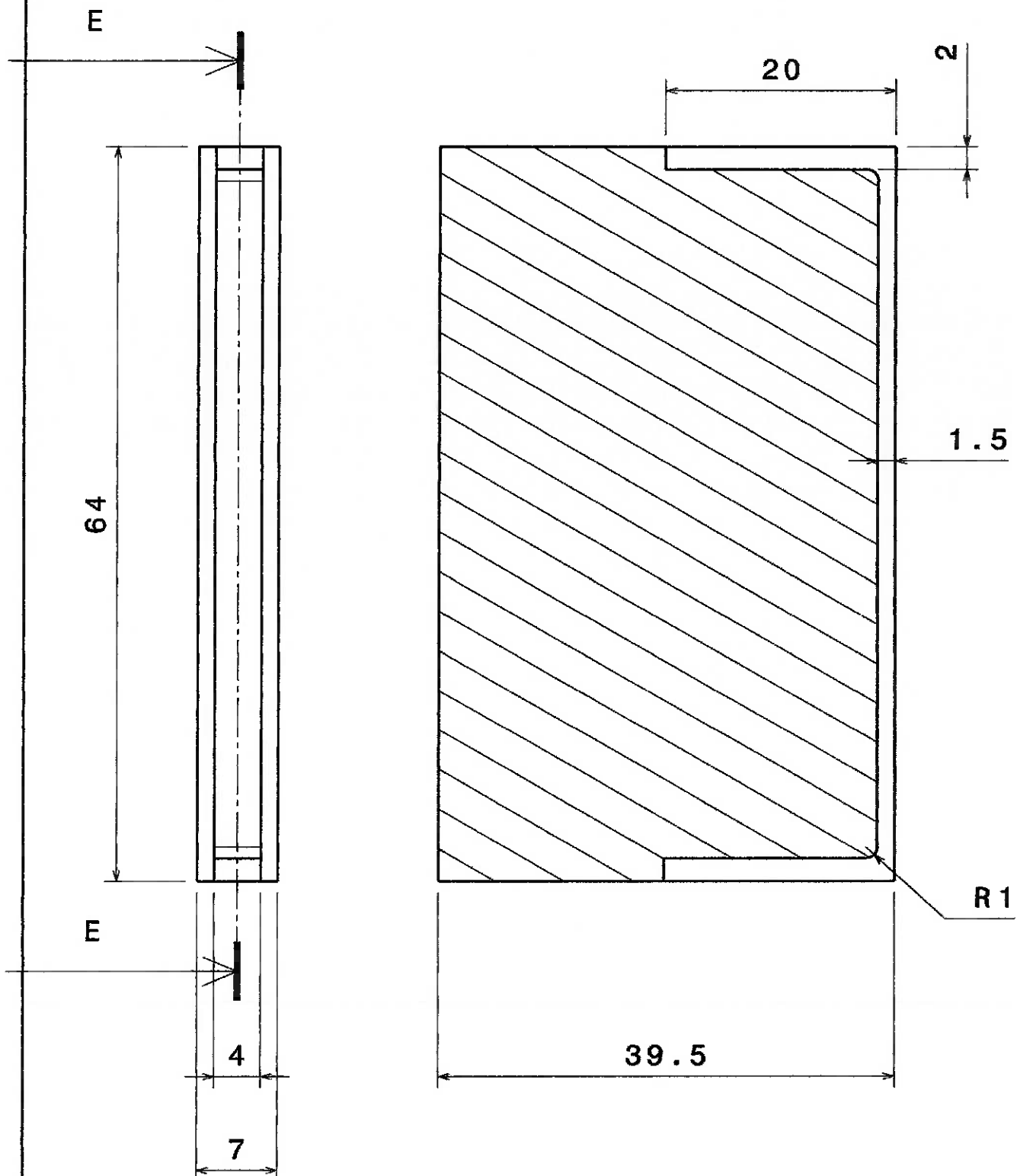
Tamanho: A4

Escala: 1:1

Folha: 01/01

Data: 10/12/2006

Section view E-E



Material: alumínio

Pistão Rotativo

Título:

Parede

Número:

08

Tamanho:

A4

Escala:

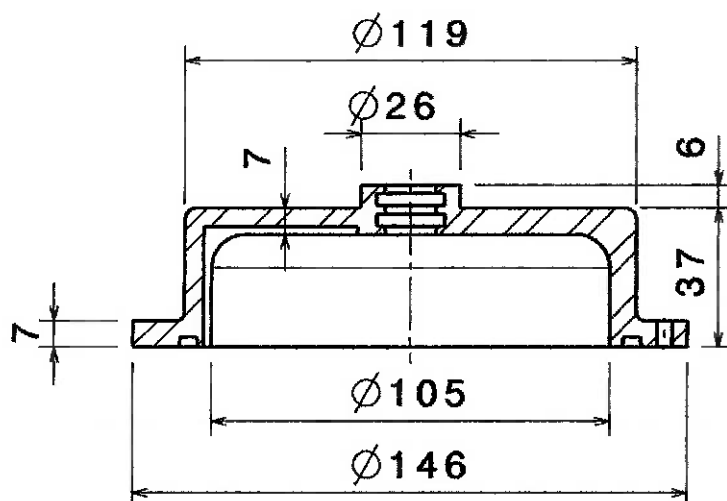
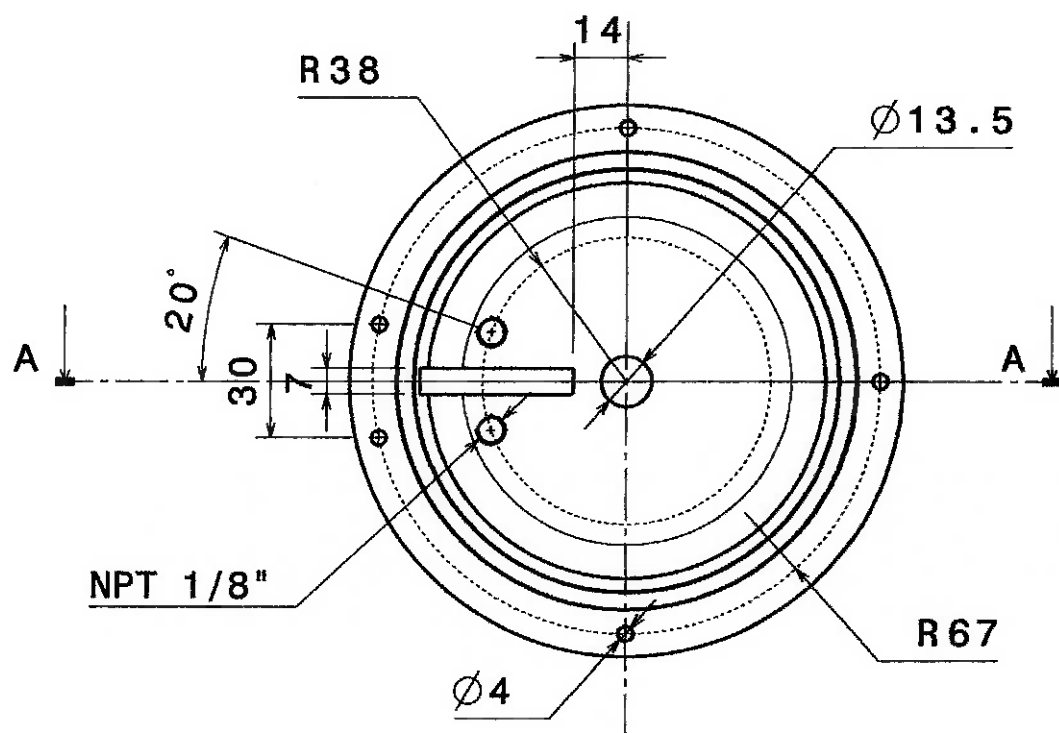
2:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Material: alumínio

Pistão Rotativo

Título:

Camisa A

Número:

10

Tamanho:

A4

Escala:

1:2

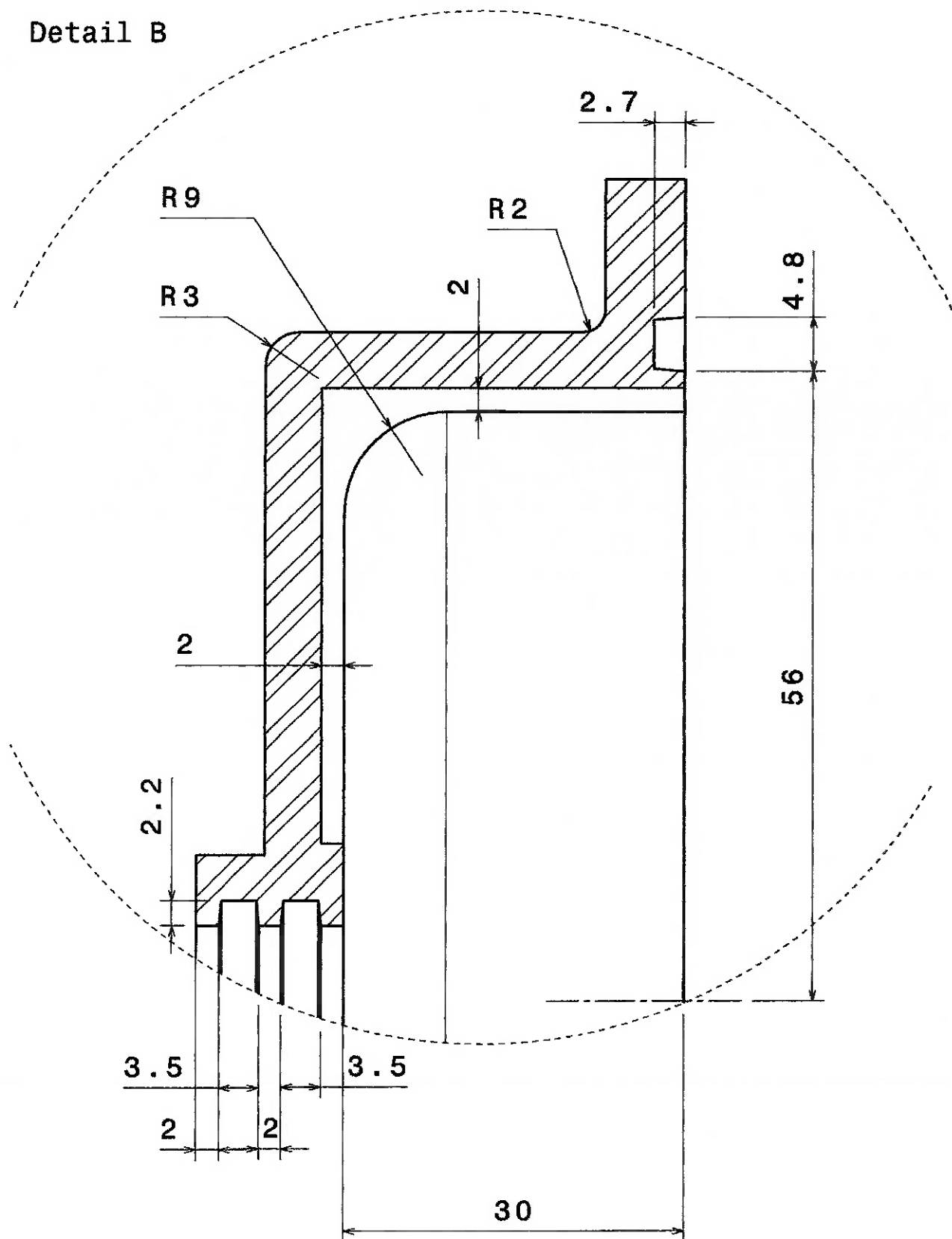
Folha:

01/02

Data:

10/12/2006

Detail B



Pistão Rotativo

Título:

Camisa A

Número:

10

Tamanho:

A4

Escala:

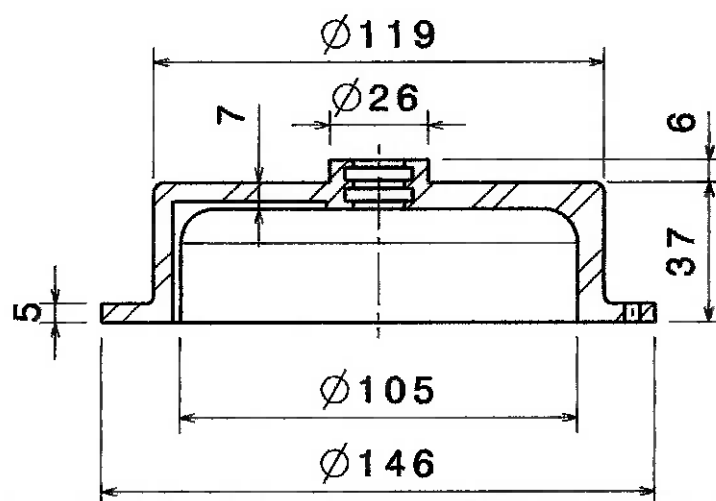
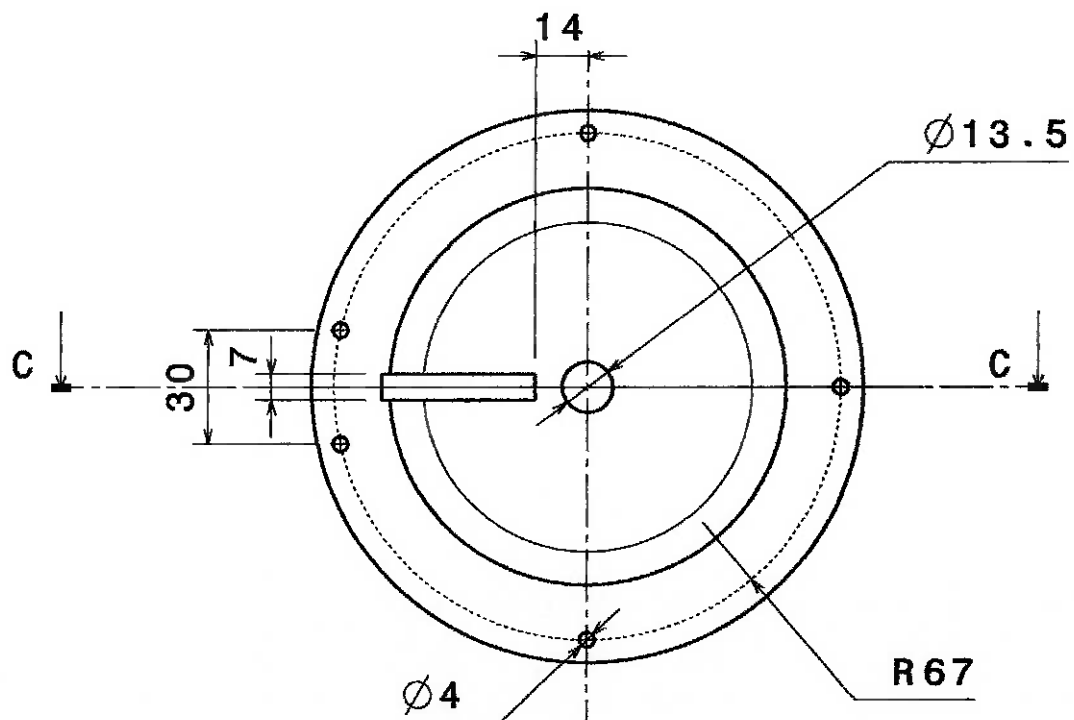
2:1

Folha:

02/02

Data:

10/12/2006



Material: alumínio

Pistão Rotativo

Título:

Camisa B

Número:

11

Tamanho:

A4

Escala:

1:2

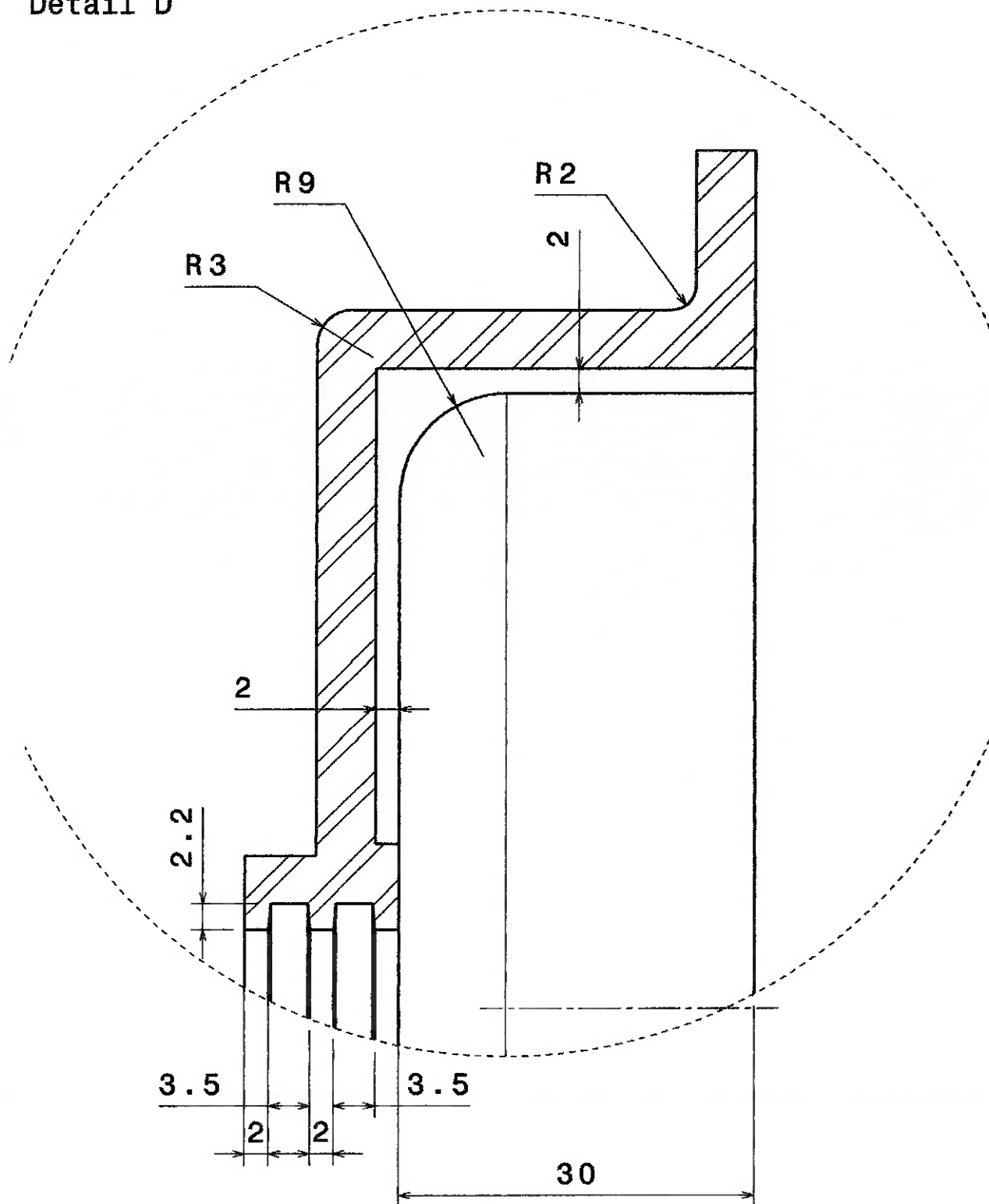
Folha:

01/02

Data:

10/12/2006

Detail D



Pistão Rotativo

Título:

Camisa B

Número:

11

Tamanho:

A4

Escala:

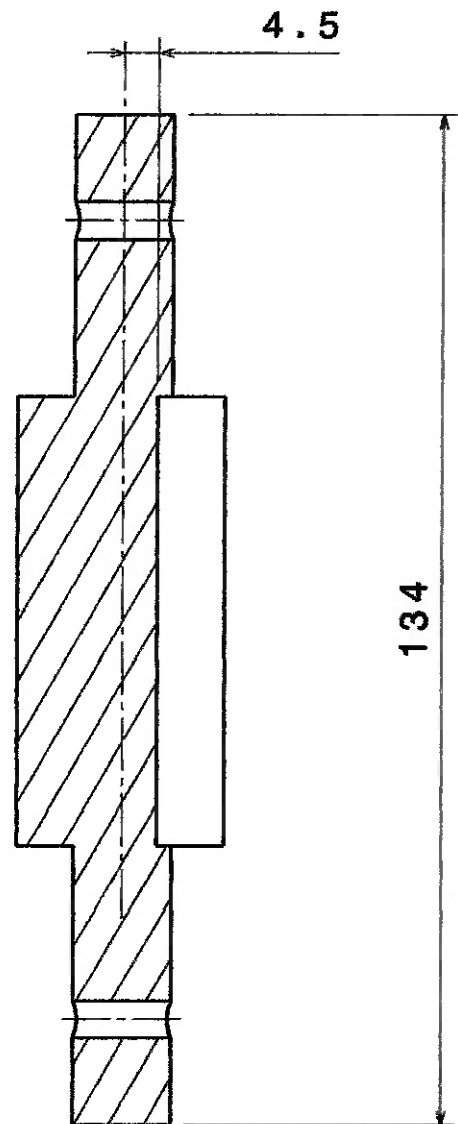
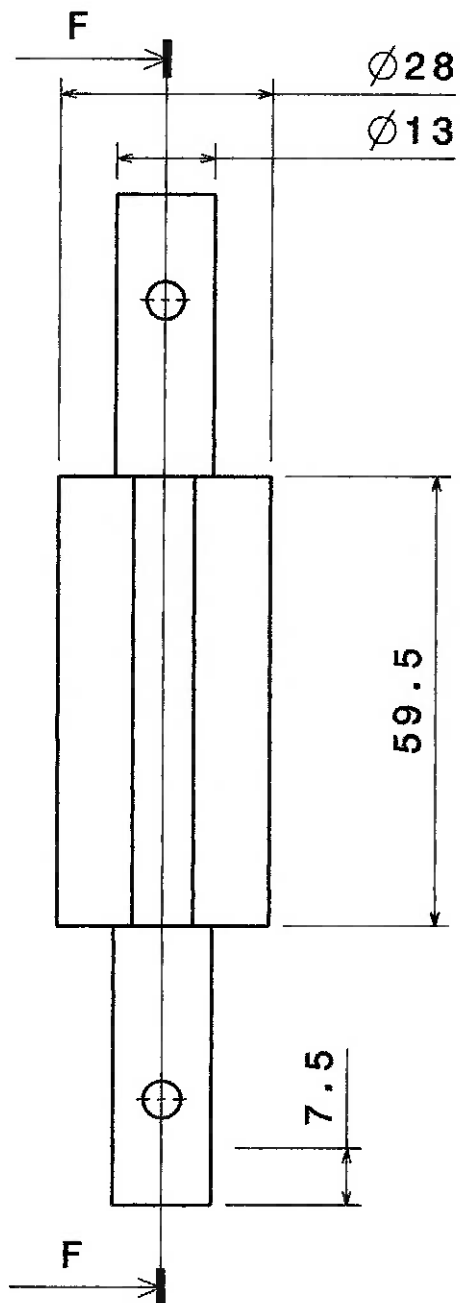
2:1

Folha:

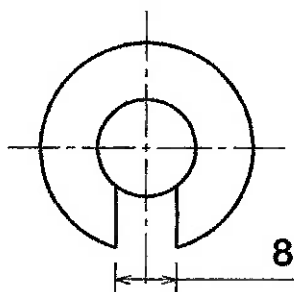
02/02

Data:

10/12/2006



Section view F-F



Material: aço Inox 304

Pistão Rotativo

Título:

Eixo

Número:

12

Tamanho:

A4

Escala:

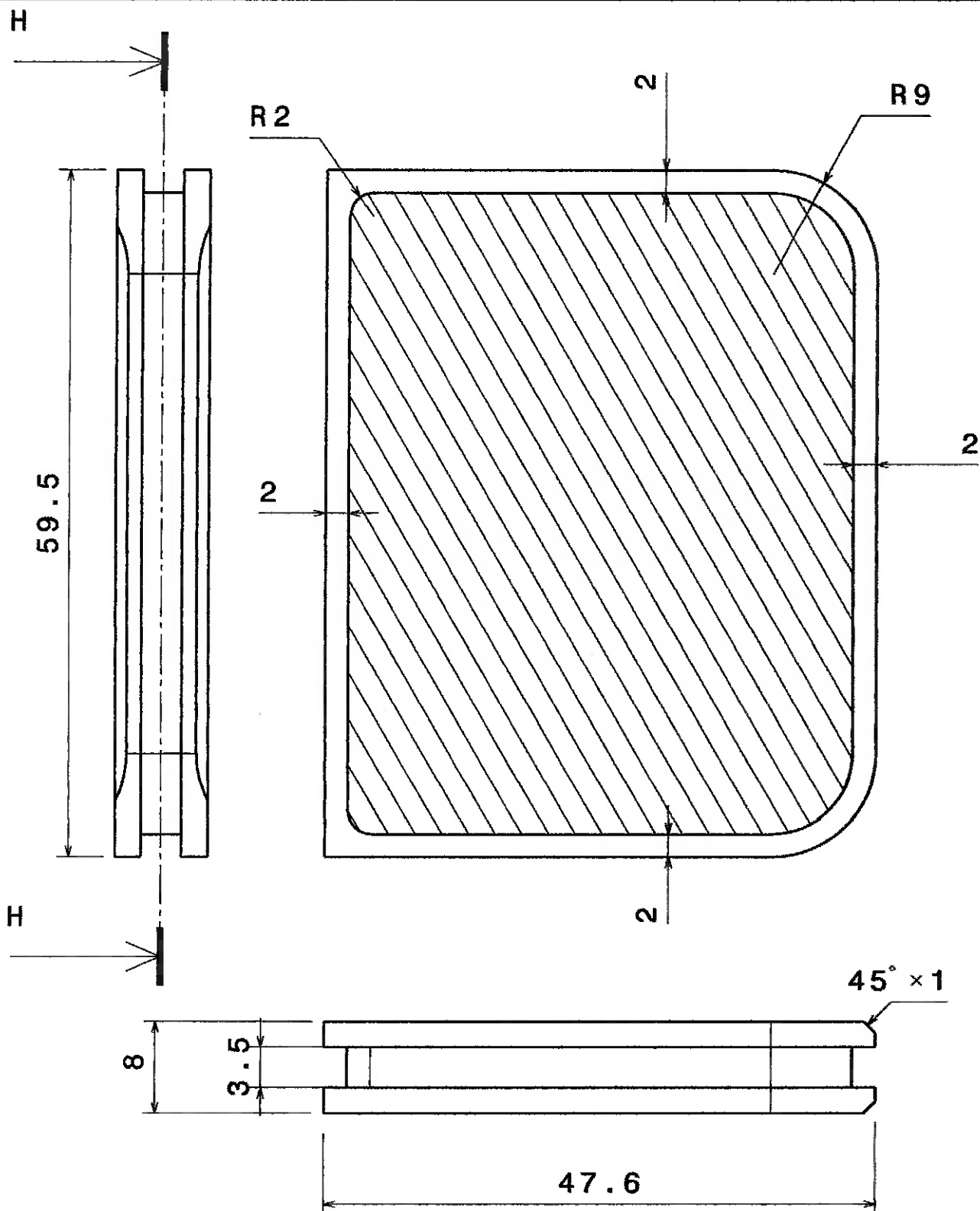
1:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Material: alumínio

Pistão Rotativo

Título:

Êmbolo

Número:

13

Tamanho:

A4

Escala:

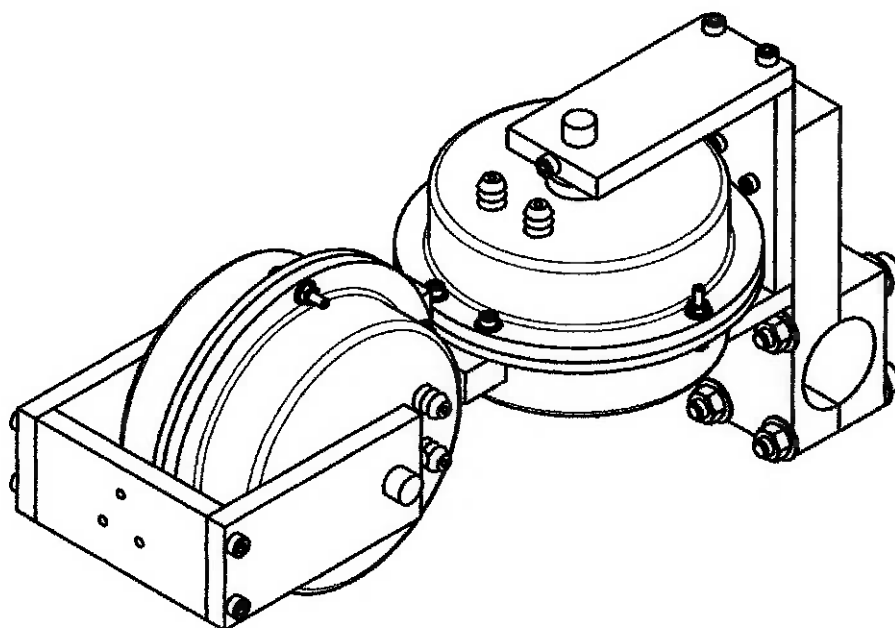
2:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Lista de Peças

Nº	Nome	Qtd
1	Pistão Rotativo	2
2	Parafuso Allen M4x25	4
3	Arruela M4	4
4	Junção	1
5	Parafuso Allen M4x40	3
6	Porca M4	3
7	Porca M8	4
8	Arruela M8	8
9	Parafuso Allen M8x65	4
10	Braçadeira A	1
11	Braçadeira B	1

Juntas Rotativas

Título: **Desenho de Montagem**

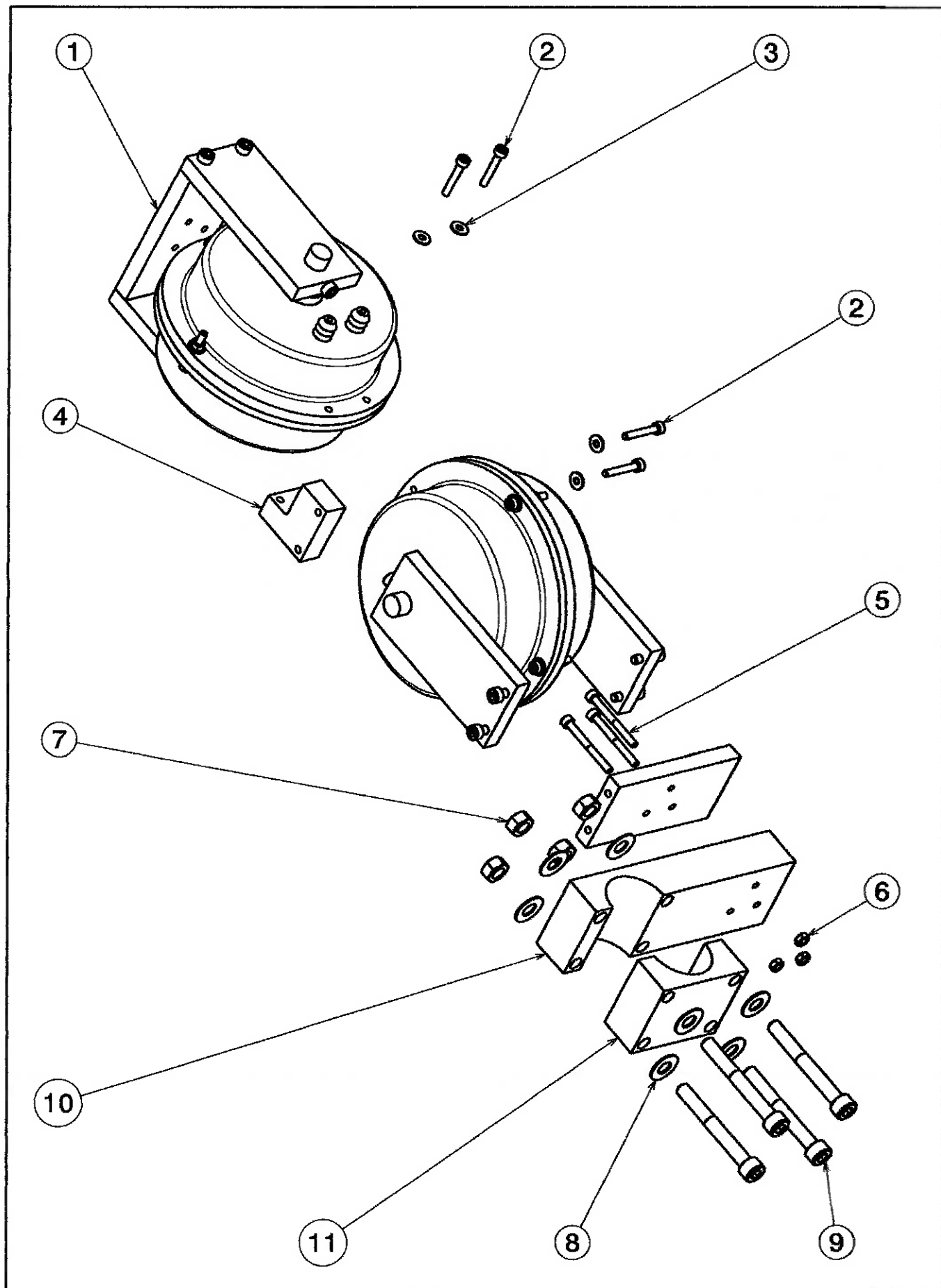
Número:

Tamanho: **A4**

Escala: **1:3**

Folha: **01/02**

Data: **10/12/2006**



Juntas Rotativas

Título: **Desenho de Montagem**

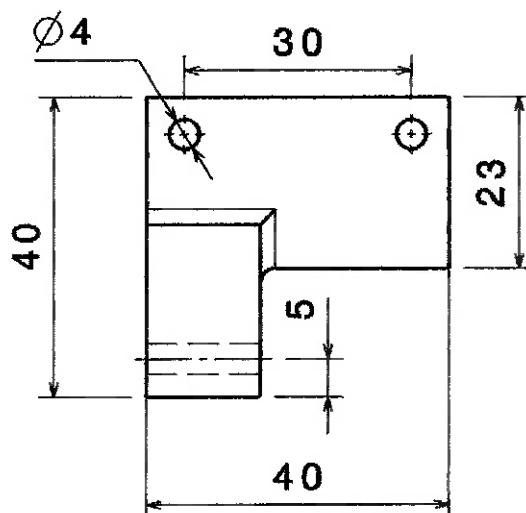
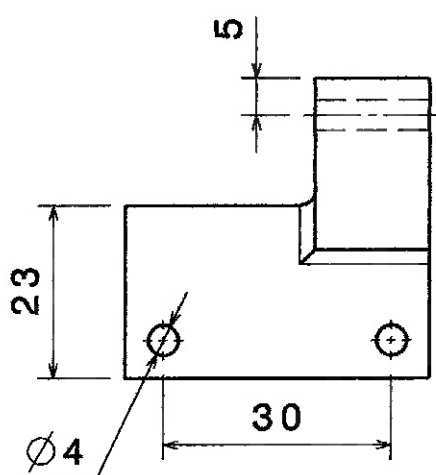
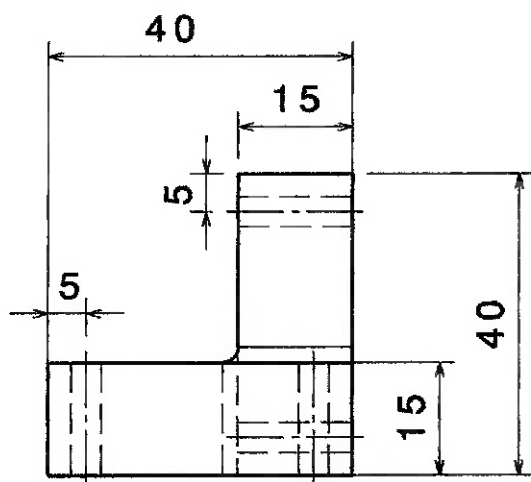
Número:

Tamanho: **A4**

Escala: **1:3**

Folha: **02/02**

Data: **10/12/2006**



Material: alumínio

Juntas Rotativas

Título:

Junção

Número:

04

Tamanho:

A4

Escala:

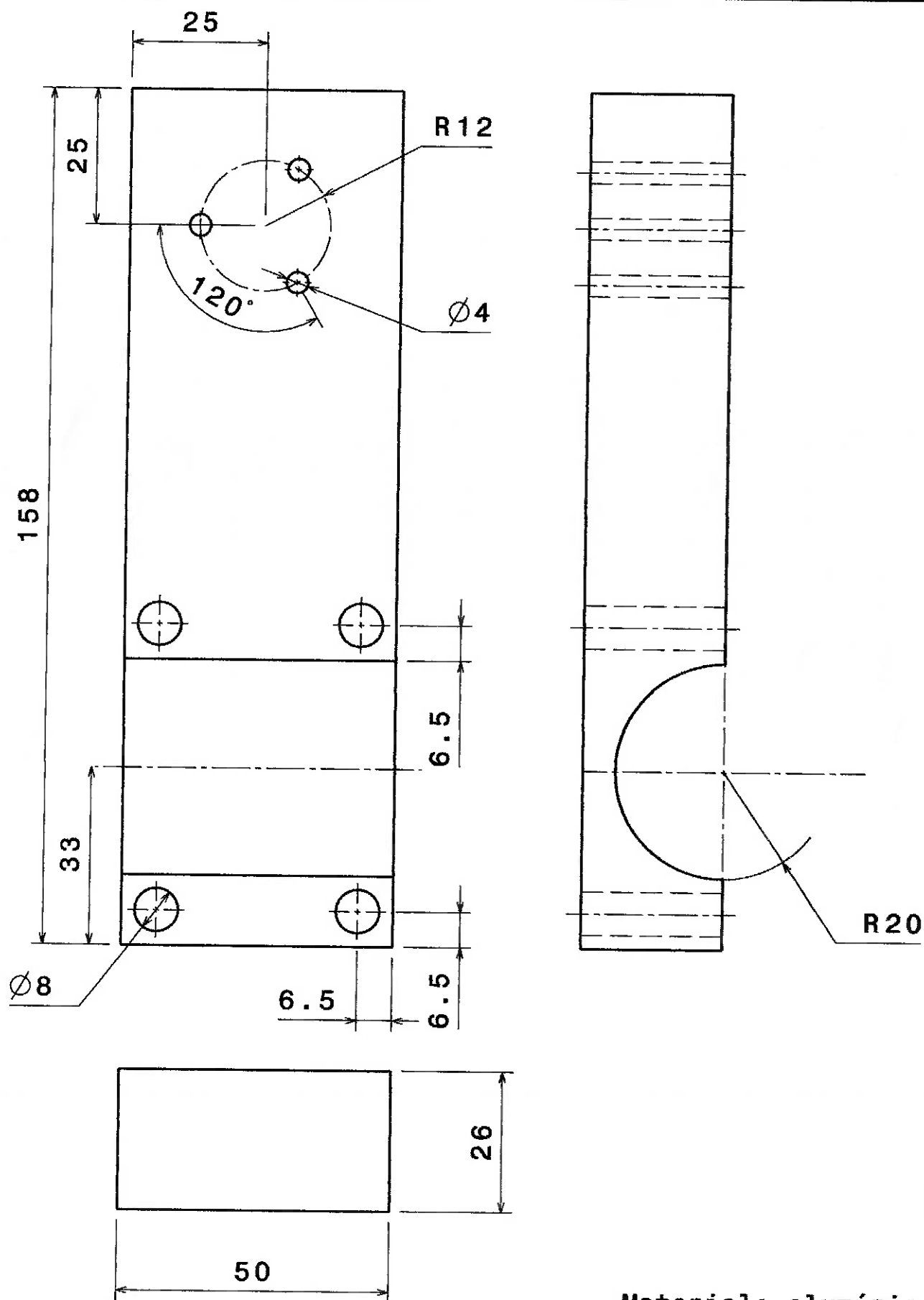
1:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Material: alumínio

Juntas Rotativas

Título:

Braçadeira A

Número:

10

Tamanho:

A4

Escala:

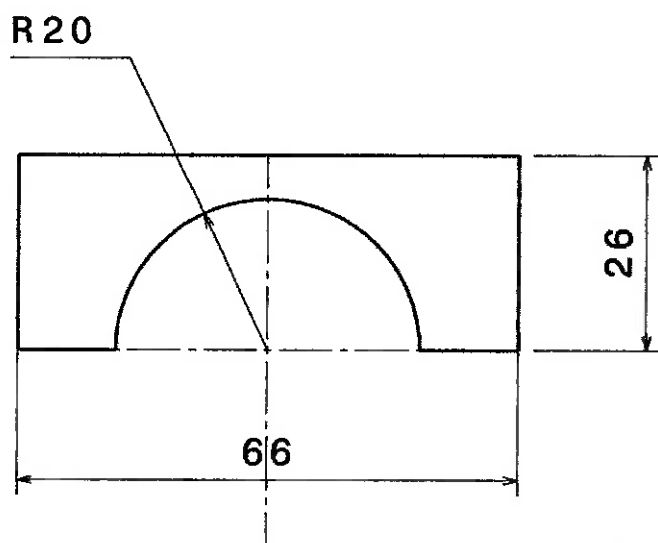
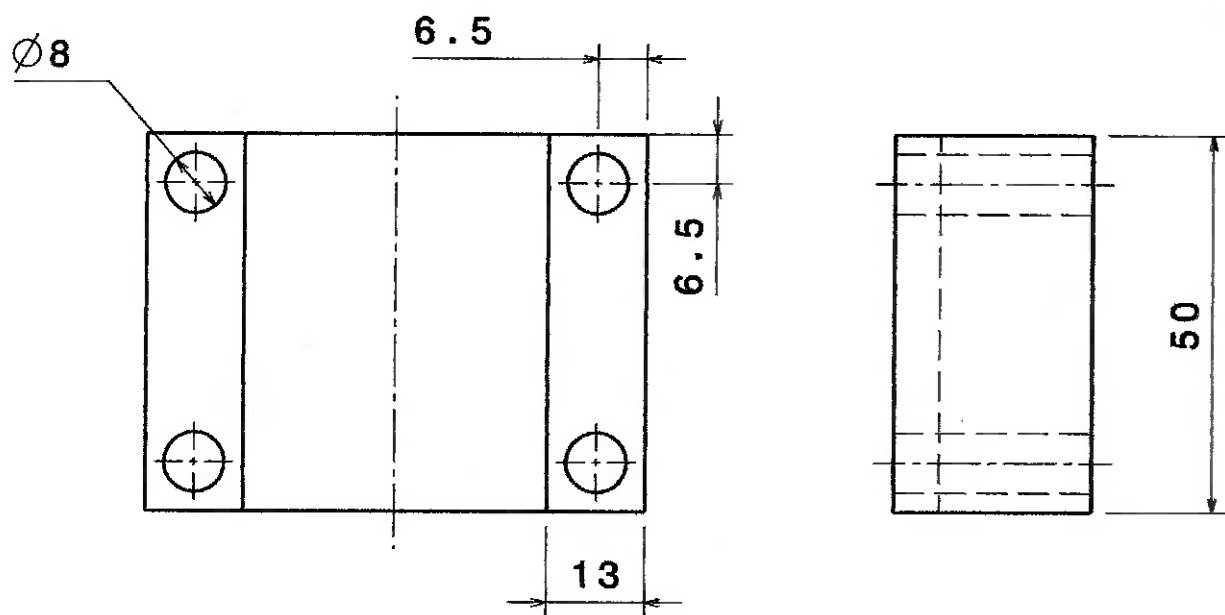
1:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006



Material: alumínio

Juntas Rotativas

Título:

Braçadeira B

Número: 11

Tamanho:

A4

Escala:

1:1

Folha:

01/01

Data:

10/12/2006