

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**LUCAS ASSIS DE MORAES**

**AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE  
PRENSAGEM UNIAXIAL DE  
ISOLADORES DE PORCELANA**

São Carlos  
2011



**LUCAS ASSIS DE MORAES**

# **AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRENSAGEM UNIAXIAL DE ISOLADORES DE PORCELANA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola de Engenharia de  
São Carlos, da Universidade de São  
Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com  
ênfase em Sistemas de Energia e  
Automação

**ORIENTADOR:** Professor Doutor Ivan  
Nunes da Silva

São Carlos  
2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

M827a                    Moraes, Lucas Assis de.  
                              Automatização do processo de prensagem uniaxial de  
                              isoladores de porcelana. / Lucas Assis de Moraes ;  
                              orientador Ivan Nunes da Silva -- São Carlos, 2011.

                              Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com  
                              ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de  
                              Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,  
                              2011.

                              1. Automatização de processo. 2. Isolador. 3.  
                              Porcelana. 4. Prensa. 5. Prensagem. 6. Projeto. I.  
                              Título.

# FOLHA DE APROVAÇÃO


Nome: Lucas Assis de Moraes


Título: "Automatização do Processo de Prensagem Uniaxial de Isoladores de Porcelana"

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado  
em 30 / 11 / 2011,

com NOTA 9,5 (NOVE, CINCO), pela comissão julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Dennis Brandão - EESC/USP

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rogério Andrade Flauzino - EESC/USP

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Associado Homero Schiabel  
Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica  
EESC/USP



Aos meus familiares e à minha namorada.





## **Agradecimentos**

À minha família e à minha namorada, simplesmente por tudo.

Aos meus amigos, antigos ou recentes, de perto ou de longe, com os quais sei que posso contar.

Ao Professor Doutor Ivan Nunes da Silva, pela orientação.

À Cerauto Indústria e Comércio LTDA., por custear o projeto.

Ao Senhor Líbero Delalíbera, por acreditar e investir em meu potencial.

Ao Professor Doutor Carlos Alberto Fortulan e ao Mestre Engenheiro Walter Aparecido Mariano, pela paciência ao ensinar-me um pouco de seus conhecimentos sobre engenharia mecânica e engenharia de materiais.

Ao Senhor Luis Antonio Oliveira Araujo, ao Senhor Juliano Ormeneze de Freitas e ao Senhor Stevan Rodrigues Manzan, pela ajuda com ideias, críticas e sugestões referentes ao projeto.

Ao Senhor Daniel e ao Senhor Donizetti, pela ajuda com a montagem e os testes.



## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>21</b>
1.1	Objetivos do Trabalho .....	21
<b>2</b>	<b>Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>23</b>
2.1	Metodologia de Projeto.....	23
2.1.1	Esclarecimento e Definição das Tarefas .....	23
2.1.2	Concepção do Projeto.....	24
2.1.3	Anteprojeto .....	25
2.1.4	Detalhamento do Projeto .....	25
2.2	Automação .....	26
2.2.1	Normas de Segurança.....	26
2.2.2	Pneumática .....	28
2.2.3	Máquina de Estados .....	29
2.3	Processamento da Porcelana.....	30
2.3.1	Composição .....	30
2.3.2	Preparação .....	30
2.3.3	Prensagem Uniaxial.....	33
2.3.4	Sinterização .....	36
2.3.5	Propriedades .....	38
<b>3</b>	<b>Materiais e Métodos .....</b>	<b>39</b>
3.1	Esclarecimento e Definição das Tarefas .....	39
3.1.1	O Processo Manual.....	39
3.1.2	Características das Peças .....	40
3.1.3	Lista de Requisitos.....	40
3.2	Concepção do Projeto .....	41
3.2.1	A Divisão das Funções .....	41
3.2.2	O Quadro Morfológico.....	42
3.3	Anteprojeto .....	42
3.3.1	O Sistema de Dosagem .....	43
3.3.2	O Sistema de Prensagem.....	43
3.3.3	O Sistema de Remoção .....	44
3.3.4	O Sistema de Posicionamento.....	44

3.3.5	O Sistema de Inspeção .....	45
3.3.6	O Sistema de Rejeição.....	45
3.3.7	O Sistema de Controle .....	45
3.4	Detalhamento do Projeto .....	46
3.4.1	O Projeto Mecânico .....	46
3.4.2	O Projeto Eletropneumático .....	48
3.4.3	O Projeto Pneumático.....	49
3.4.4	O Projeto Elétrico .....	49
3.4.5	O Programa <i>Ladder</i> .....	50
4	Análise de Resultados.....	55
4.1	A Prensa Montada.....	55
4.2	As Peças Prensadas.....	57
4.3	Resultados Pendentes .....	58
5	Conclusões .....	59
	Referências Bibliográficas .....	61
	Apêndice A – Desenhos das Peças a Verde .....	63
	Apêndice B – Desenhos da Bancada .....	67
	Apêndice C – Desenhos das Colunas .....	71
	Apêndice D – Desenhos das Mesas.....	75
	Apêndice E – Desenhos do Dosador.....	81
	Apêndice F – Desenhos das Ferramentas.....	89
	Apêndice G – Diagrama Pneumático .....	107
	Apêndice H – Diagrama Elétrico .....	109
	Apêndice I – Programa <i>Ladder</i> .....	111

## Lista de Figuras

Figura 2-1 - Quadro morfológico genérico [1].....	24
Figura 2-2 - Diagrama de transições de estados para uma máquina de estados genérica [10].....	29
Figura 2-3 - Seção transversal de um moinho de bolas [14]. ....	31
Figura 2-4 - Processo de preparação de pó cerâmico [14]. ....	32
Figura 2-5 - Processo de prensagem uniaxial [14]. ....	33
Figura 2-6 - Porosidade e fator de empacotamento de mistura de pó com grãos de diferentes tamanhos [16] (adaptado). ....	34
Figura 2-7 - Deformação dos grãos devido à prensagem [12]. ....	34
Figura 2-8 - Formação de trincas no processo de remoção da peça do molde. (a) devido ao atrito com a parede do molde. (b) devido a tensões internas criadas pela compactação [14]. ....	35
Figura 2-9 – Distribuição de densidade aparente total. (a) $L/D = 0,9$ com força aplicada em uma extremidade. (b) $L/D = 1,8$ com força aplicada em uma extremidade. (c) $L/D = 1,8$ com força aplicada nas duas extremidades [16]. ....	35
Figura 2-10 - Mudanças que ocorrem na fase inicial da sinterização. (a) Partículas iniciais. (b) Rearranjo. (c) Formação de pescoço [14]. ....	36
Figura 2-11 - Mudanças que ocorrem na fase intermediária da sinterização. (a) Crescimento do pescoço e diminuição do volume. (b) Aumento das fronteiras dos grãos. (c) Continuação do crescimento do pescoço, da diminuição do volume e do aumento das fronteiras dos grãos [14]. ....	37
Figura 2-12 - Mudanças que ocorrem na fase final da sinterização. (a) Descontinuidade na fase porosa. (b) Maior redução da porosidade. (c) Eliminação da porosidade [14]. ....	37
Figura 2-13 - Formação do pescoço durante a sinterização [14].....	37
Figura 3-1 - Projeto da prensa. (a) Prensa montada. (b) Vista explodida. ....	47
Figura 3-2 - Diagrama trajeto-passo sem rejeição.....	51
Figura 3-3 - Diagrama trajeto-passo com rejeição. ....	51
Figura 3-4 - Configuração dos parâmetros do CLP. ....	53
Figura 4-1 - Prensa montada. ....	55
Figura 4-2 - Detalhe do sistema de antigiro e do dosador.....	56
Figura 4-3 - Detalhe da zona de prensagem. ....	56
Figura 4-4 - Painel eletropneumático. ....	57



## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Quadro morfológico.....	42
Tabela 2 - Diagrama de transições de estados.....	46
Tabela 3 - Identificação dos componentes eletropneumáticos.....	49
Tabela 4 - Corrente nominal dos componentes elétricos. ....	49
Tabela 5 – Variáveis do CLP. ....	52





## **Resumo**

**MORAES, L.A. Automatização do processo de prensagem uniaxial de isoladores de porcelana.** Trabalho de conclusão de curso de engenharia elétrica com ênfase em sistemas de energia e automação da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

Este trabalho aborda o desenvolvimento do projeto de duas prensas automáticas de isoladores de porcelana, os quais são componentes da sonda lambda planar de automóveis. A metodologia de projetos empregada dita quatro etapas de gerenciamento, que são o esclarecimento e definição das tarefas, a concepção do projeto, o anteprojeto e o detalhamento do projeto. As prensas projetadas substituem o trabalho manual, proporcionando maior economia e confiabilidade ao processo de prensagem. Como o processo já é conhecido, todas as características dos isoladores, como densidade, porosidade, massa e dimensões, devem ser mantidas. Para realizar a prensagem, as etapas de dosagem, prensagem e remoção são indispensáveis, mas este trabalho aborda ainda etapas de posicionamento da peça após a prensagem, inspeção da peça prensada e sua rejeição caso pertinente. Testes e simulações, mecânicos, pneumáticos e elétricos, são realizados sempre que possível, minimizando possíveis erros de projeto. Por ser um projeto de automação industrial, custo, prazo, segurança e resultados são fatores que merecem atenção especial. Ao final do desenvolvimento do projeto, será avaliado se os isoladores produzidos pelas prensas estarão aptos a serem utilizados na linha de produção da sonda lambda planar.

Palavras-chave: Automatização de processo. Isolador. Porcelana. Prensa. Prensagem. Projeto.



## **Abstract**

MORAES, L. A. **Automation of the process of uniaxial pressing of porcelain insulators**. Senior research project in electrical engineering with emphasis on power systems and automation of the Escola de Engenharia de São Carlos (School of Engineering of São Carlos), Universidade de São Paulo (University of São Paulo), 2011.

This work discusses the development of the process of two automatic presses for porcelain insulators, which are components of cars' planar lambda sensor. The projects methodology employed divides the project in four management steps, which are explanation and definition of tasks, project idea, pre-project and project detail. The designed presses replace manual labor, providing great economy and reliability to the pressing process. As the process is already known, all the characteristics of the insulators, such as density, porosity, mass and dimensions, must be maintained. To perform the pressing, the steps of dosage, pressing and removal are indispensable, but this work also approaches steps of positioning the piece after pressing, inspecting it and rejecting it if needed. Mechanical, pneumatic and electrical tests and simulations are performed whenever possible, minimizing potential project errors. Since this is an industrial automation project, cost, schedule, safety and outcomes are issues that deserve special attention. By the end of the development of the project, it will be evaluated if the insulators produced by the presses will be able to be used at the production line of planar lambda sensors.

**Keywords:** Insulator. Porcelain. Press. Pressing. Process automation. Project.



# **1 Introdução**

Na engenharia elétrica, isoladores são componentes que têm como papel principal bloquear a corrente elétrica através de determinado meio. Eles podem ser construídos com diversos tipos de materiais, e também podem apresentar os mais diversos formatos.

Os isoladores deste trabalho também se encaixam no papel descrito, pois são materiais dielétricos. Eles são feitos de porcelana, uma cerâmica com fortes propriedades isolantes.

Os isoladores estudados neste trabalho são aplicados na sonda lambda planar de automóveis, que são sensores de oxigênio. Esta sonda é acoplada ao escapamento do veículo, e percebe a quantidade de oxigênio presente no ar que sai do motor após a combustão. Com essa informação, acontece uma realimentação na injeção eletrônica do motor, de forma a zerar a quantidade de oxigênio que sai do escapamento, garantindo uma combustão completa, ou seja, aumentando o rendimento do motor.

As sondas lambda planar funcionam corretamente apenas em temperaturas elevadas. Para aquecê-las, há um elemento resistivo que começa a receber corrente elétrica quando é dada a partida no motor do automóvel. Para isolar este componente resistivo das outras partes da sonda, como a carcaça metálica, por exemplo, são usados os isoladores de porcelana mostrados por este trabalho.

## **1.1 Objetivos do Trabalho**

O objetivo deste trabalho é projetar e construir duas prensas uniaxiais automáticas de isoladores. Prensas uniaxiais são aquelas em que há compactação apenas em um eixo, ou uma direção. O projeto visa à diminuição do custo de mão-de-obra do processo de prensagem e ao aumento da produção de isoladores, resultando em maior competitividade. Porém, deve-se manter ou melhorar os níveis de qualidade das peças produzidas.

Mas há também objetivos acadêmicos neste trabalho. Os principais são: colocar em prática a teoria aprendida no decorrer do curso, principalmente sobre gerenciamento de projetos, automação e programação, e adquirir certo conhecimento em outras áreas da engenharia, como a mecânica e a de materiais.



## **2 Revisão Bibliográfica**

Neste capítulo serão expostas as teorias sobre metodologia de projeto, automação e processamento da porcelana. Conhecendo-se estas três áreas teóricas, é possível desenvolver um projeto de uma máquina automática que fabrica peças de porcelana, que é o objetivo principal deste trabalho.

Dentro de cada uma destas três seções citadas ainda haverá maiores detalhamentos, em forma de subseções. Todas elas apresentarão informações indispensáveis para que o principal objetivo seja alcançado.

### **2.1 Metodologia de Projeto**

Vários são os fatores que podem motivar a realização de um projeto: necessidades comerciais, melhorias tecnológicas, redução de custos de um processo, mudança de mercado alvo, melhoria de competitividade, entre outros. Mas, para que qualquer projeto seja bem elaborado, há metodologias a serem seguidas nas diferentes etapas de seu desenvolvimento. Através destas metodologias pode-se de maneira mais eficaz ter novas ideias, avaliá-las, decidir qual é a melhor delas, executá-las e testá-las, a fim de buscar sempre a melhor solução para determinado problema.

As quatro etapas de desenvolvimento são: esclarecimento e definição das tarefas, concepção do projeto, anteprojeto e detalhamento do projeto [1].

#### **2.1.1 Esclarecimento e Definição das Tarefas**

Nesta etapa acontece a listagem de requisitos do processo. Devem ser respondidas perguntas como: "Do que o usuário precisa?", ou "Do que ele não precisa?", ou ainda "O que já se sabe sobre este projeto?" [1].

Qualquer requisito que já é conhecido, ou então que já foi pré-determinado, deve ser listado nesta etapa, para que as tarefas das etapas seguintes usem-nos como alicerce e possam ser mais bem definidas. Estes requisitos podem ser características físicas, químicas, estruturais, financeiras, operacionais, ou de qualquer outra natureza.

Além das tarefas, todo projeto deve ter três fatores muito bem definidos nesta etapa: a qualidade, o prazo e o capital. Estes três fatores estão interligados assim: Quanto maior a qualidade, maior o capital necessário. Quanto menor o prazo, maior o capital necessário. E quanto menor o prazo, menor qualidade pode ser exigida.

Vale lembrar que a lista de requisitos pode ser atualizada durante qualquer etapa do projeto, e se este for o caso, as tarefas devem ser redefinidas, pois todos os requisitos devem ser atendidos sempre, sem exceção.

### 2.1.2 Concepção do Projeto

É nesta parte do projeto que existe uma geração de possíveis soluções para realizar as tarefas definidas na etapa anterior. Para isto, existe uma metodologia chamada *brainstorming*, ou, literalmente, tempestade cerebral, que ajuda a criar estas possíveis soluções [1].

Esta metodologia consiste em liberar o pensamento para uma tempestade de ideias. Quanto mais pessoas estiverem envolvidas no *brainstorming*, mais ideias surgirão, e mais opções de solução para determinado problema ou determinada tarefa estarão à disposição. Porém não convém realizar uma reunião de *brainstorming* com um número excessivo de pessoas, para que não haja desorganização [1].

É vantajoso usar o método de *brainstorming* quando não há princípio de solução realizável, ou quando o processo físico de uma possível solução não pode ser identificado, ou quando se suspeita que não seja possível avançar com o projeto utilizando as soluções sugeridas, ou ainda quando se pretende desenvolver soluções radicalmente distantes das convencionais [1].

Num primeiro momento, nenhuma das ideias que surgirem no *brainstorming* deve ser descartada. Todas devem ser analisadas para então decidir qual ou quais das ideias melhor resolve o problema, ou melhor realiza a tarefa.

Para realizar esta decisão, há também uma metodologia, que consiste em organizar em um quadro todas as tarefas ou funções e as possíveis soluções. Diferentes tarefas ocupam diferentes linhas, enquanto que as diferentes soluções ocupam diferentes colunas.

Esta metodologia é denominada quadro morfológico. A Figura 2-1 ilustra este quadro.

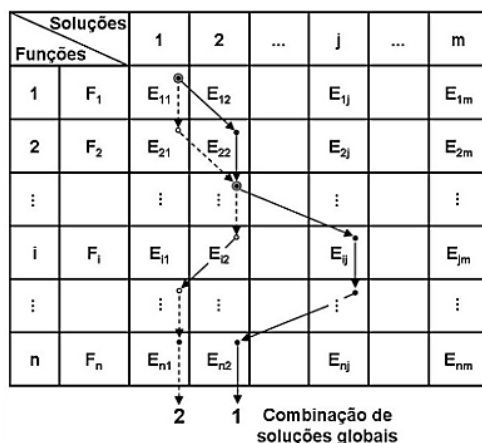


Figura 2-1 - Quadro morfológico genérico [1].



Com o quadro montado, pode-se então discutir os prós e contras de cada solução para cada função. Num primeiro momento, eliminam-se todas as soluções consideradas inviáveis, seja financeiramente, estruturalmente, ou por qualquer outro motivo. Depois, escolhe-se a melhor ou as melhores soluções dentre as restantes para cada caso. Destacam-se então estas soluções escolhidas.

Na Figura 2-1, este destaque dá-se através de pontos. Os pontos duplos mostram soluções únicas, os escuros mostram soluções preferenciais, e os claros mostram soluções secundárias. Os segmentos de reta contínuos unem os pontos escuros, formando um caminho de soluções primário. Os segmentos tracejados formam um caminho de soluções secundário. E assim, definem-se algumas prováveis soluções.

### **2.1.3 Anteprojeto**

Até aqui, levantou-se uma lista de requisitos, depois houve geração de ideias para executar e solucionar tarefas que atendam a estes requisitos, e por fim selecionaram-se algumas destas soluções. Mas é no anteprojeto que se verifica se esta solução selecionada sobreviverá até o projeto final, ou se ela será descartada, e uma nova solução deverá ser buscada [1].

Para isto, é preciso fazer a especificação de todos os materiais, equipamentos e ferramentas necessários para colocar esta solução em prática. Esta especificação deve abordar quesitos técnicos, financeiros, de processo, dimensionais, de compatibilidade com outras soluções, e assim por diante.

Para rejeitar uma solução, basta que um dos quesitos não seja aceito. Por exemplo, se houver um equipamento muito caro, ou se o material escolhido for muito frágil, ou se a solução encontrada impedir que outra seja factível, deve-se então buscar uma nova solução para aquela função do projeto.

Esta é a importância das soluções secundárias encontradas através do quadro morfológico. Elas já são novas soluções. Entretanto, se mesmo assim houver algum fator que rejeite todas as soluções de alguma tarefa, não há problema em retroceder com o projeto para a fase de concepção, porém sempre se atentando ao cronograma.

### **2.1.4 Detalhamento do Projeto**

Sabendo definitivamente qual solução realiza qual tarefa, e também sabendo as especificações desta solução, só resta detalhar tudo aquilo que ainda não foi especificado. Geralmente este detalhamento são desenhos técnicos, diagramas pneumáticos, diagramas elétricos ou esquemas de montagem. Esboços não existem mais nesta etapa do projeto.

Ao concluir esta etapa, o projetista e sua equipe devem ser perfeitamente capazes de elaborar um protótipo para realizar testes [1].

Mesmo tomando todos os cuidados, e seguindo todas as metodologias, o ser humano é passível de erro. Por isto os testes são indispensáveis para transformar um simples protótipo em um

produto. Se os resultados dos testes não forem satisfatórios, ajustes podem ser feitos, até que o protótipo realize todas as tarefas e funções com perfeição, cumprindo todos os requisitos listados no início do projeto.

Porém, se estes ajustes necessitarem de grandes mudanças no projeto, novamente deve-se retornar à etapa de concepção, para que novas soluções sejam pensadas.

## **2.2 Automação**

Automação é a aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir o uso de mão-de-obra em qualquer processo. A automação diminui os custos e aumenta a velocidade de produção [2].

Apesar de uma máquina automática usar menos mão-de-obra que uma máquina manual, ainda faz-se necessária sua operação e manutenção, e isto é feito por seres humanos. Por isto, esta seção explanará primeiramente quais são as normas de segurança adotadas para que a operação e manutenção da prensa deste trabalho não ofereçam risco à saúde da pessoa que as realizará.

Em seguida, serão abordados conceitos teóricos sobre pneumática e máquinas de estado. São os principais conceitos de automação com os quais este trabalho foi desenvolvido.

### **2.2.1 Normas de Segurança**

Qualquer empresa, seja ela pública ou privada, tem por obrigação seguir as normas regulamentadoras relativas à segurança e medicina do trabalho. O não cumprimento destas normas acarreta penalidades à empresa de acordo com a legislação [3].

Há dezenas destas normas, que abrangem os mais diversos aspectos de trabalho, como Edificações (NR 08), Fornos (NR 14), Explosivos (NR 19), Trabalho a Céu Aberto (NR 21), Proteção Contra Incêndios (NR 23), entre outras [3]. Mas, dentre todas as normas, as principais a serem seguidas para o projeto da prensa deste trabalho são as quatro que são explanadas na sequência.

A NR 05, Comissão Interna de Prevenção de Acidentes, CIPA, tem como objetivo a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a tornar compatível permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador [4]. A seguir estão listados alguns dos deveres da CIPA, segundo item 5.16 da norma:

- Identificar os riscos do processo de trabalho;
- Elaborar plano de trabalho que possibilite a ação preventiva na solução de problemas de segurança e saúde no trabalho;
- Participar da implementação e do controle da qualidade das medidas de prevenção necessárias, bem como da avaliação das prioridades de ação nos locais de trabalho;

- Realizar periodicamente verificações nos ambientes e condições de trabalho visando à identificação de situações que venham a trazer riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores;
- Requerer a paralisação da máquina ou do setor onde for constatado que há risco grave e iminente à segurança e saúde dos trabalhadores.

Já a NR 10, Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade [5].

Apesar de esta norma ter sido desenvolvida originalmente para sistemas de alta tensão, alguns de seus itens são perfeitamente cabíveis neste trabalho, como Medidas de Proteção Coletiva (10.2.8), Medidas de Proteção Individual (10.2.9), Segurança em Projetos (10.3), Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção (10.4), Segurança em Instalações Elétricas Desenergizadas (10.5) e Segurança em Instalações Elétricas Energizadas (10.6).

Estes itens informam como proteger o ser humano (não usar adornos pessoais e usar vestimentas adequadas), o sistema (utilizar fusíveis e disjuntores) e ambos (realizar aterramento conforme regulamentação, impedir reenergização acidental, utilizar equipamentos adequados) [5].

A NR 12, Máquinas e Equipamentos, como o próprio nome sugere, dita como devem ser operados máquinas e equipamentos. Destacam-se os cuidados que devem ser tomados durante o acionamento, partida e parada, durante a manutenção e operação, e também os métodos de proteção.

Os dispositivos de acionamento e parada devem ser localizados fora da zona perigosa da máquina, e de forma que o operador possa acioná-los em sua posição de trabalho. Além disso, os dispositivos de acionamento não podem funcionar involuntária ou acidentalmente, e os de parada devem poder ser acionados por qualquer pessoa, principalmente em emergências [6].

A proteção da zona perigosa deve ser feita com materiais resistentes, de forma a oferecer proteção efetiva contra lascas ou partículas que porventura se desprendam da máquina em um caso de falha. A barreira de proteção pode ser fixa ou removível, sendo que no segundo caso, a remoção deve acontecer apenas para rotinas de limpeza, reparo ou ajuste, e deve ser recolocada imediatamente após o término desta rotina. Estas rotinas somente podem ser realizadas com a máquina parada, e por pessoas capacitadas ou treinadas para isto [6].

Por fim, a NR 17, Ergonomia, é uma norma que visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente [7].

O trabalhador não deve carregar peso excessivo, nem deve ser submetido a nenhuma condição de trabalho que prejudique sua saúde. Sempre que possível, deve trabalhar sentado, em bancadas ou mesas que lhe proporcionem boas condições de postura, visualização e operação. Deve utilizar cadeiras ajustáveis, tanto em distância da bancada como em altura. Não deve ser submetido a altos

níveis de ruído, nem a temperaturas extremas, nem a baixas umidades do ar, nem a intempéries, nem a baixas luminosidades [7].

Além destas quatro normas explanadas, foi seguido na execução do projeto o Programa de Prevenção de Riscos em Prensas e Similares (PPRPS), que é uma convenção coletiva de melhoria das condições de trabalho em prensas e equipamentos similares. É seguindo este programa que se faz um planejamento estratégico e sequencial das medidas de segurança que devem ser implementadas nestes tipos de equipamentos, com o objetivo de garantir proteção adequada à integridade física e à saúde de todos os trabalhadores envolvidos com as diversas formas e etapas de uso deles [8].

O PPRPS exige que o acionamento de prensas e similares seja através de comando bimanual simultâneo, que haja botão de emergência grande, visível, vermelho e com travamento, e que haja na zona de prensagem barreira de proteção fixa, barreira de proteção móvel, cortina de luz, sensor de movimento, ou qualquer combinação de dois ou mais destes modos de proteção [8].

### 2.2.2 Pneumática

Equipamentos pneumáticos são amplamente utilizados em aplicações de automação industrial, principalmente porque eles são baratos, robustos e de simples instalação. Podem, portanto, ser aplicados em ambientes hostis sujeitos à poeira, umidade, atmosferas corrosivas e explosivas [9].

Os cilindros pneumáticos são os responsáveis por transformar a pressão do ar comprimido em força efetiva de trabalho. Para dimensionar um cilindro, é preciso saber qual força ele deve ser capaz de aplicar. Para conhecê-la, é preciso definir a pressão de trabalho do cilindro e a área de seu êmbolo. Assim, calcula-se a força através da equação (1).

$$F = P \cdot A \quad (1)$$

Onde:

- F é a força aplicada;
- A é a área onde é aplicada a força;
- P é a pressão que a área sofre devido à força.

Nos cilindros, esta equação aplica-se em duas situações distintas. Primeiramente, sabendo a pressão com que o ar comprimido entra no cilindro, e sabendo a área do êmbolo em contato com o ar, pode-se calcular qual é a força que a haste do cilindro é capaz de aplicar. Depois, já conhecendo a força aplicada pela haste, e calculando a área onde esta força será aplicada, pode-se calcular a pressão exercida pela haste no objeto.

Para que o cilindro se movimente e aplique a força desejada, é preciso acioná-lo. Este acionamento acontece através de válvulas, e é preciso também dimensioná-las, assim como as conexões e mangueiras, para que o ar flua livremente no sistema pneumático. Mas este

dimensionamento é feito pelo fabricante do cilindro, que já tem tabelados os valores de bitola de mangueira e os tipos de válvulas e conexões adequadas para cada cilindro. Ao pedir o orçamento de um cilindro, é comum que nele constem também os preços de válvula e conexões.

Além de não ser necessário dimensionar válvulas, mangueiras e conexões, também não é preciso se preocupar com o consumo de ar das prensas deste trabalho, pois no local onde serão instaladas há uma rede suficientemente grande de ar comprimido, na qual se pode tranquilamente adicionar estas duas pequenas máquinas. Esta rede está provida com dois compressores, sendo que um deles funciona apenas como reserva, mas pode entrar em operação caso o outro esteja sobrecarregado, de forma que a disponibilidade de ar comprimido é sempre elevada.

### 2.2.3 Máquina de Estados

Uma máquina de estados é uma modelagem de um comportamento, composto por estados, transições e ações [10]. Um estado mostra como está a máquina em determinado instante, ou seja, em que posição estão seus atuadores, quais variáveis estão acionadas, quais sensores estão detectando algo, ou outras características estáticas. Uma transição indica uma mudança de estado, e é descrita por uma condição que precisa ser realizada para que a transição ocorra. Uma ação é a descrição de uma atividade que deve ser realizada num determinado momento. As ações podem ser executadas quando a máquina entra (ação de entrada) ou sai (ação de saída) de determinado estado, ou então na transição entre dois estados (ação de transição) [10].

Para representar uma máquina de estados, pode-se usar um diagrama de transição de estados, que está ilustrado na Figura 2-2. Ele mostra qual a ligação existente entre cada estado, através das transições. Muitas vezes, as ações estão implícitas neste diagrama. Por exemplo: se a diferença entre o estado A e o estado B é apenas a posição de uma válvula, fica claro que a ação de transição entre estes dois estados é mudar a posição desta válvula.

Estado atual / Condição	Estado A	Estado B	Estado C
Condição X	...	...	...
Condição Y	...	Estado C	...
Condição Z	...	...	...

Figura 2-2 - Diagrama de transições de estados para uma máquina de estados genérica [10].

## **2.3 Processamento da Porcelana**

Para o completo entendimento deste trabalho, é fundamental conhecer as particularidades na fabricação da porcelana. Esta seção explica todos os processos necessários para sair de matérias-primas isoladas e chegar à peça final pronta.

### **2.3.1 Composição**

Em geral, a porcelana é composta de argila (40% a 60%), quartzo (20% a 40%) e feldspato (20% a 35%) [11]. Mas, para uma aplicação específica, estes três componentes devem ser pesados com extrema precisão, para que a proporção de cada um na mistura final seja exatamente a desejada para se obter determinadas propriedades. Qualquer variação na composição altera as propriedades finais da peça [12].

A argila é um material de granulação fina, excelente plasticidade e boa trabalhabilidade. É ela a principal responsável por fornecer resistência mecânica à peça [13]. Já o quartzo não apresenta nenhuma plasticidade, mas favorece a secagem das peças. Além disso, é ele que controla a contração, ajustando a viscosidade da fase líquida formada durante a queima. Por fim, o feldspato é o componente que une os grãos, pois é ele que forma a fase líquida na queima. Graças ao feldspato é possível fazer peças mais densas e menos porosas [11].

Há ainda uma ressalva com respeito ao feldspato. Há dois principais tipos usados em cerâmicas: o sódico e o potássico. Como se deseja fazer isoladores de porcelana, não se recomenda utilizar o feldspato sódico, pois o elemento sódio interfere na propriedade elétrica da cerâmica. Por isto, para fabricar os isoladores deste trabalho, utiliza-se feldspato potássico.

### **2.3.2 Preparação**

Para obter uma mistura homogênea de argila, quartzo e feldspato, deve-se utilizar primeiramente um moinho de bolas. Dentro do moinho, que contém bolas de alumina, são colocados estes três componentes já citados, juntamente com água destilada, defloculante, ligante, lubrificante e agente fungicida. Dependendo do caso, pode ser necessário ainda adicionar um auxiliar de sinterização [14]. Este processo é chamado de moagem a úmido, devido à presença de água.

O defloculante é necessário para evitar que as partículas sedimentem no moinho. É utilizado como defloculante o poliacrilato de amônia. Há outro tipo de defloculante comumente usado, o poliacrilato de sódio. Mas, pelo mesmo motivo que não se usa feldspato sódico, também não se usa defloculante que contém sódio.

O ligante tem função de impedir que o pó se aglomere durante a secagem, ou seja, graças ao ligante o pó continua fino mesmo depois de seco. Isso garante boa fluidez, o que o torna mais fácil de ser manipulado e prensado. O ligante usado para a preparação da porcelana deste trabalho é a dextrina.

O lubrificante, etileno glicol, também auxilia o processo de prensagem do pó. Ele impede que o pó adira nas paredes do molde, de forma que a peça prensada saia do molde inteira. Assim, o molde não se impregna com pó, de modo que não se faz necessário limpá-lo com grande frequência.

Por fim é indispensável adicionar à composição do pó um agente fungicida, já que as condições sob as quais o pó fica submetido enquanto está estocado favorecem o desenvolvimento de fungos. Utiliza-se como agente fungicida uma pequena quantidade de formol.

O moinho fica em constante movimento por 12 horas. Este movimento agita os ingredientes, homogeneizando a mistura. Ao mesmo tempo, as bolas de alumina colidem com os componentes presentes no moinho, diminuindo o tamanho de seus grãos, de forma a obter um material cada vez mais fino. Quanto mais tempo dura a moagem, mais fina e homogênea fica a mistura [15]. A Figura 2-3 descreve como é um moinho de bolas.

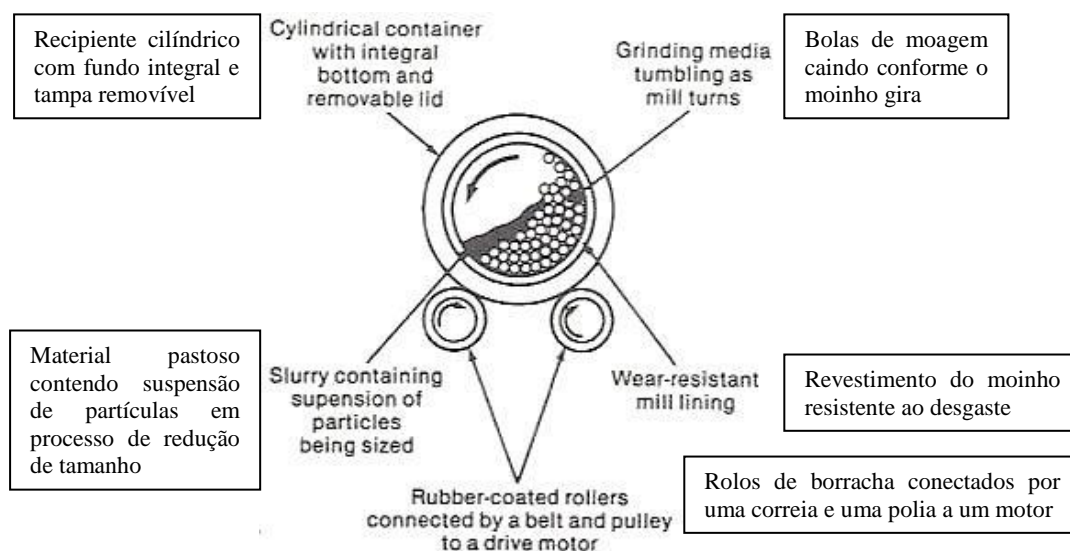


Figura 2-3 - Seção transversal de um moinho de bolas [14].

O produto da moagem é a barbotina, que é uma suspensão de pó cerâmico num solvente. É preciso passar a barbotina por um processo de secagem, para que haja remoção da água, de modo que a suspensão torne-se pó. O equipamento que faz este processo chama-se *spray drier*, ou secador, e o processo de secagem dura cerca de meia hora.

A Figura 2-4 ilustra todo o processo de preparação de um pó cerâmico.

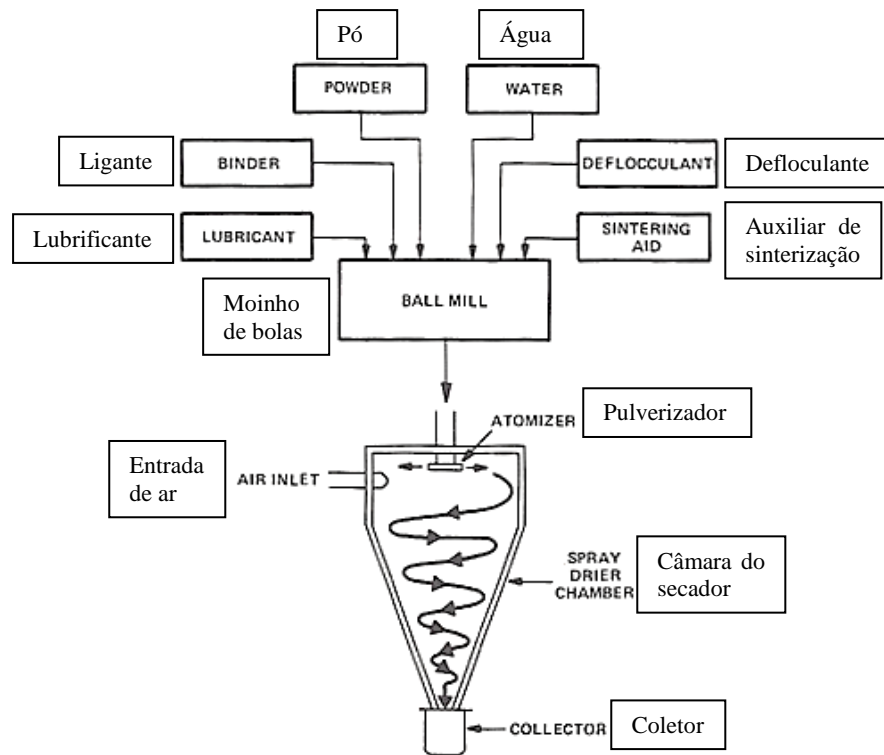


Figura 2-4 - Processo de preparação de pó cerâmico [14].

Como a temperatura no interior do *spray drier* é de aproximadamente 150°C, o pó ainda contém todos os componentes que entraram no moinho de bolas, com exceção da água, que evaporou. Na verdade, a umidade do pó nesta etapa do processo de preparação é de cerca de 1%. Porém, para facilitar a prensagem, precisa-se de um pouco mais de umidade. Por isto, antes da prensagem, é adicionado um pouco de água ao pó, para que sua umidade alcance os 4%.

Nesta etapa já faz sentido calcular a densidade do pó, mesmo que ele ainda não tenha sido compactado, pois assim pode-se estimar se a prensagem e a sinterização ocorrerão como desejadas. A densidade é calculada segundo a equação (2):

$$D = \frac{M}{V} \quad (2)$$

Onde:

- D é a densidade;
- M é a massa;
- V é o volume.



### 2.3.3 Prensagem Uniaxial

Como o nome sugere, a prensagem uniaxial acontece quando apenas uma das dimensões sofre compactação, ou seja, existe força aplicada em apenas um eixo do material a ser compactado. A Figura 2-5 ilustra o processo genérico de prensagem uniaxial.

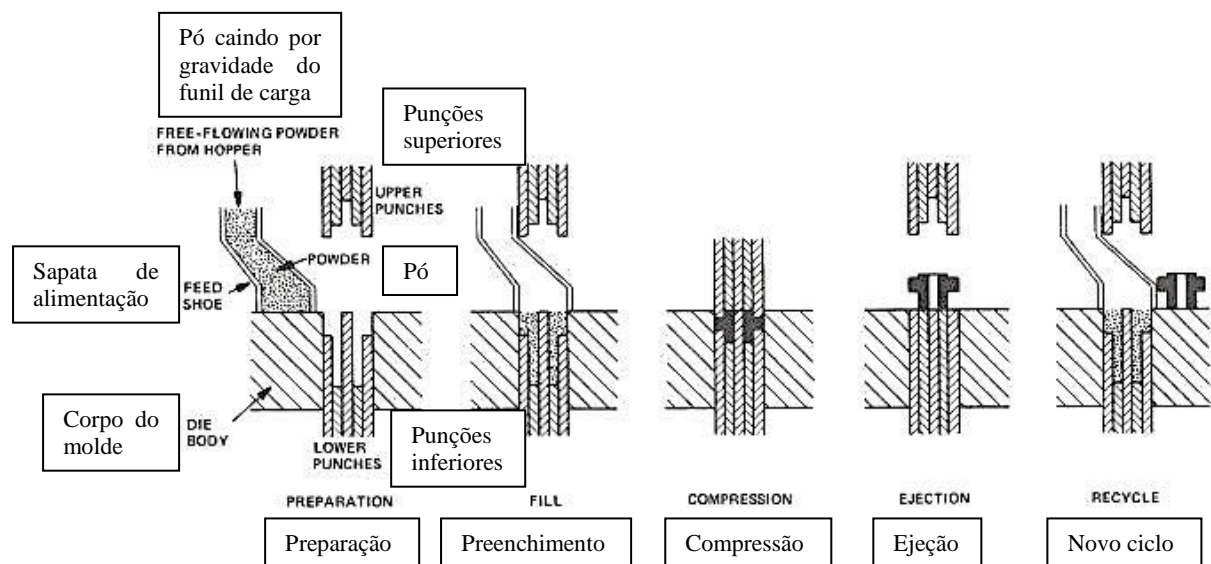


Figura 2-5 - Processo de prensagem uniaxial [14].

Na maioria dos casos, o número de cilindros de uma prensa uniaxial é igual ao número de planos horizontais que a peça a ser prensada contém. Assim cada cilindro faz uma força diferente em cada plano, de forma a manter a pressão de compactação igual por toda a peça. É preciso que estas forças sejam diferentes, pois as áreas superficiais dos planos horizontais são geralmente diferentes. A equação (1) mostra claramente esta relação entre área, força e pressão.

Porém, mesmo utilizando a mesma pressão em todas as faces horizontais da peça, o processo de prensagem uniaxial não deforma por igual todos os grãos presentes no molde, e também não remove por completo todo o espaço intergranular. Portanto, a peça fica compactada (ou empacotada), porém porosa.

A porosidade está diretamente relacionada à diferença entre os tamanhos dos grãos. Se há uniformidade no tamanho dos grãos, o espaço intergranular é relativamente grande. Mas se há grãos grandes e pequenos, os pequenos podem preencher o espaço entre os grandes, diminuindo a porosidade. A equação (3) [16] relaciona os fatores de empacotamento e de porosidade, e a Figura 2-6 mostra como eles se alteram dependendo do tamanho dos grãos presentes no pó. Já a equação (4) [15] quantifica a compactação dos grãos em uma prensagem uniaxial, mostrada pela Figura 2-7. Vale lembrar que, pelo fato de a prensagem ser uniaxial, a compactação acontece apenas em uma dimensão da peça.

$$FP = 1 - FE \quad (3)$$

Onde:

- FP é o fator de porosidade;
- FE é o fator de empacotamento.

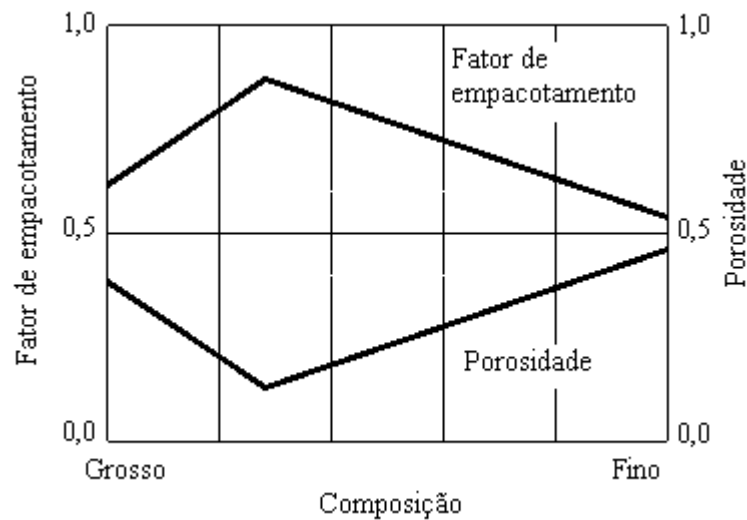


Figura 2-6 - Porosidade e fator de empacotamento de mistura de pó com grãos de diferentes tamanhos [16] (adaptado).

$$FC = \frac{1}{1 - \frac{RLP}{100}} \quad (4)$$

Onde:

- FC é o fator de compactação;
- RLP é a retração linear de prensagem, expresso em porcentagem.

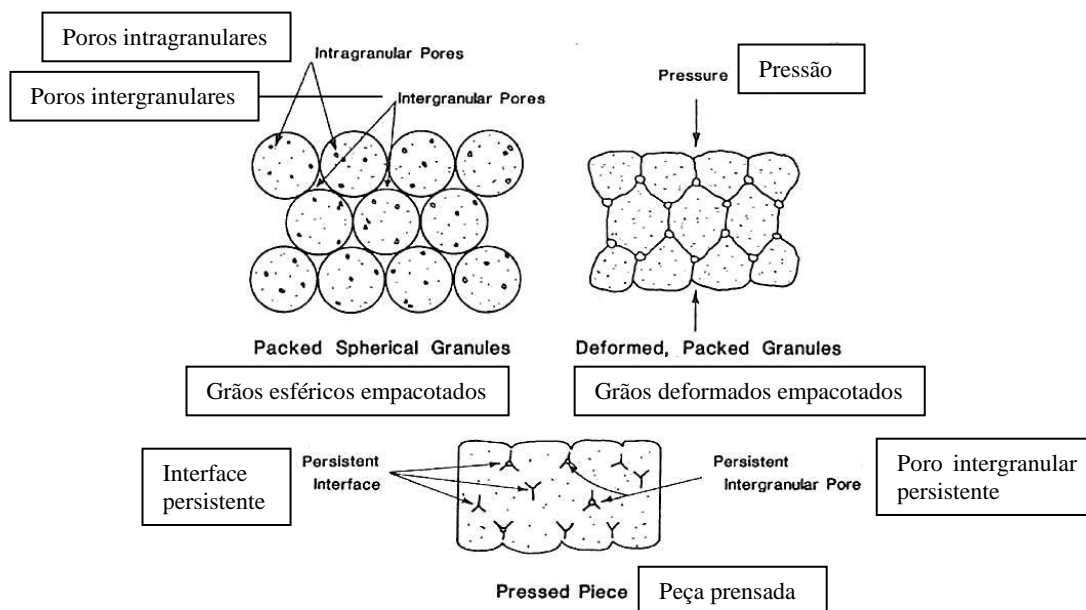


Figura 2-7 - Deformação dos grãos devido à prensagem [12].

A presença dos poros intergranulares cria gradientes de pressão interna na peça, deixando-a tensionada e com densidade não uniforme. Isto é um problema que pode causar trincas durante a sinterização, ou até mesmo logo no momento de remoção da peça do molde, como pode ser visto na Figura 2-8.

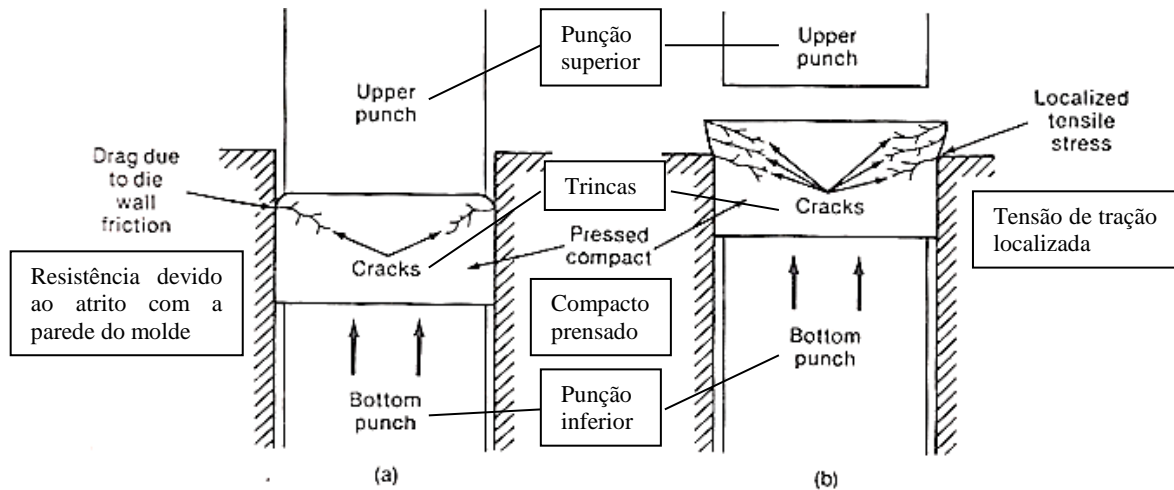


Figura 2-8 - Formação de trincas no processo de remoção da peça do molde. (a) devido ao atrito com a parede do molde. (b) devido a tensões internas criadas pela compactação [14].

Existem duas características da prensagem que contribuem com este problema: a primeira é a relação comprimento/diâmetro ( $L/D$ ) da peça prensada. Quanto maior for esta relação, menor será a uniformidade de densidade da peça. A segunda característica é o modo como a força é aplicada. Se ela for aplicada em apenas uma extremidade, o resultado será uma peça menos uniforme do que se pode obter aplicando força em ambas. A Figura 2-9 compara relações  $L/D$  diferentes, e também modos diferentes de se aplicar a força na prensagem.

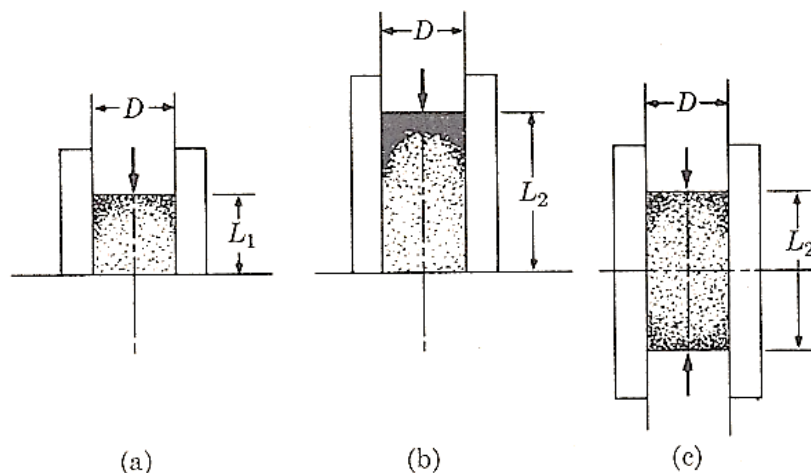


Figura 2-9 – Distribuição de densidade aparente total. (a)  $L/D = 0,9$  com força aplicada em uma extremidade. (b)  $L/D = 1,8$  com força aplicada em uma extremidade. (c)  $L/D = 1,8$  com força aplicada nas duas extremidades [16].

Ainda assim, é possível calcular a densidade média da peça prensada, através da equação (2). Como há diminuição de volume, mas não perda de massa, este cálculo deve ser feito para verificar se a compactação foi suficiente durante a prensagem. Se a compactação não estiver dentro de valores estipulados, isso mostra ou que o pó não foi bem preparado, ou que a pressão de prensagem não foi adequada. E então, a sinterização pode não ter o efeito desejado.

### 2.3.4 Sinterização

Apesar de a peça agora ter o formato desejado, ela ainda não tem nenhuma das propriedades desejadas. Estas propriedades só vão ser adquiridas após um processo de sinterização, ou queima.

Antes da sinterização, diz-se que a peça está verde. Neste estágio, que é logo após a prensagem, ela ainda contém alguma água (4% de umidade), defloculante, ligante, lubrificante e fungicida, além do pó prensado. Porém, deseja-se apenas porcelana na composição da peça final. Esta porcelana surgirá como resultado de reações que acontecem entre a argila, o quartzo e o feldspato [14]. Os outros componentes serão eliminados durante o processo.

O processo de eliminação dos componentes orgânicos acontece por etapas. As peças são colocadas na esteira do forno, que é dividido em zonas de temperaturas. Assim, os componentes saem da peça de acordo com o ponto de fusão de cada um, eliminando os orgânicos pouco a pouco e não comprometendo a estrutura física da peça [12]. Os vapores escapam através das porosidades, e justamente por isto devem ser eliminados lentamente.

Após certa temperatura, tudo o que resta na peça é argila, quartzo e feldspato. Então, devem-se aquecer ainda mais estes três componentes para que seja criada uma fase única, que é a porcelana.

Assim como a eliminação de orgânicos, a sinterização também acontece por etapas, mas numa faixa de temperatura superior [14]. A primeira etapa da sinterização aparece na Figura 2-10, a segunda está mostrada na Figura 2-11 e a terceira é ilustrada pela Figura 2-12.

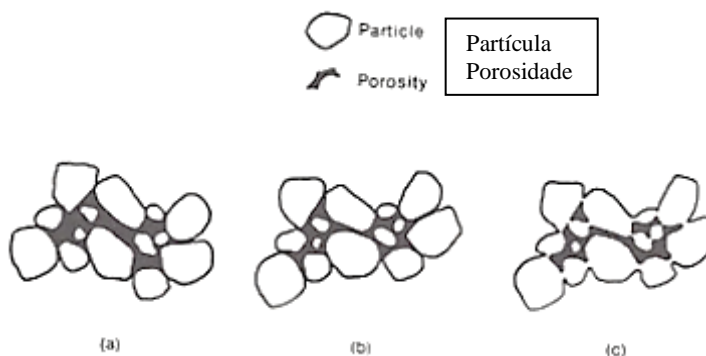


Figura 2-10 - Mudanças que ocorrem na fase inicial da sinterização. (a) Partículas iniciais. (b) Rearranjo. (c) Formação de pescoço [14].

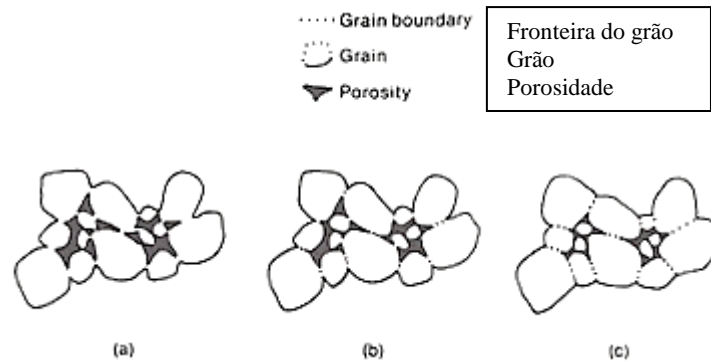


Figura 2-11 - Mudanças que ocorrem na fase intermediária da sinterização. (a) Crescimento do pescoço e diminuição do volume. (b) Aumento das fronteiras dos grãos. (c) Continuação do crescimento do pescoço, da diminuição do volume e do aumento das fronteiras dos grãos [14].

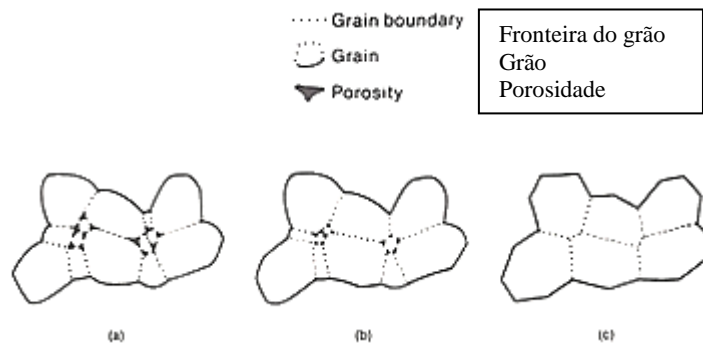


Figura 2-12 - Mudanças que ocorrem na fase final da sinterização. (a) Descontinuidade na fase porosa. (b) Maior redução da porosidade. (c) Eliminação da porosidade [14].

A formação do pescoço, diminuição do volume e eliminação da porosidade acontecem devido à formação de fase líquida nos limites dos grãos. Como eles estão em contato, a fase líquida de dois grãos distintos se une, criando um pescoço entre eles. Assim, os grãos se aproximam, causando concomitantemente a diminuição da porosidade e do volume da peça [14]. Este fenômeno está exposto na Figura 2-13.

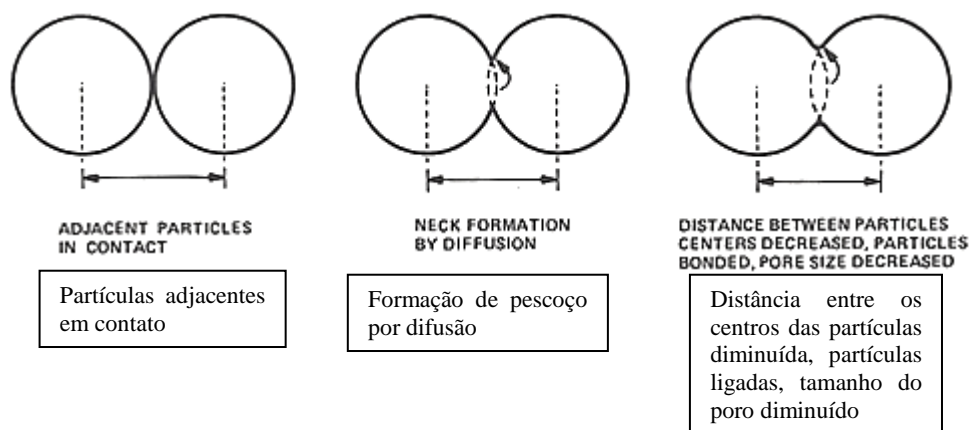


Figura 2-13 - Formação do pescoço durante a sinterização [14].

Como este fenômeno acontece com todos os grãos da peça, pode-se dizer que na etapa final da sinterização, a fase líquida toma conta da peça por inteiro, ou seja, todos os grãos estão unidos pela fase líquida do feldspato. Quando a peça resfria, a fase líquida volta a tornar-se sólida, e por isto não há porosidade na porcelana [16]. Todos os poros, sejam eles oriundos da prensagem ou da eliminação de orgânicos, são preenchidos por porcelana. Consequentemente, acontece retração devido à sinterização, segundo a equação (5) [14], muito parecida com a equação (4).

$$FR = \frac{1}{1 - \frac{RLS}{100}} \quad (5)$$

Onde:

- FR é o fator de retração;
- RLS é a retração linear de sinterização, expresso em porcentagem.

Diferentemente da compactação expressa pela equação (4), que acontece apenas na dimensão cuja direção é a mesma do eixo de prensagem, a retração que a equação (5) quantifica acontece em todas as dimensões da peça.

### 2.3.5 Propriedades

A propriedade isolante é intrínseca da porcelana, desde que não sejam usadas matérias-primas que contêm sódio em sua composição. Mas há outras propriedades que somente são adquiridas ao final da sinterização. As mais importantes mudanças acontecem com relação à densidade, porosidade e resistência mecânica à flexão.

Como visto, durante a sinterização a peça elimina orgânicos e sofre retração, ou seja, a massa e o volume diminuem. Porém, eles não diminuem nas mesmas proporções, de forma que a densidade da peça queimada é diferente da densidade da peça verde.

Também como visto, a porosidade é eliminada completamente. Todos os poros que existiam na peça verde se fecharam. A peça não é mais uma união de pequenos grãos compactos, mas sim uma única peça.

Por este motivo, a resistência mecânica à flexão é bastante aumentada. Percebe-se isso ao se aplicar forças sobre as peças verdes e queimadas. As peças verdes se desmancham com facilidade, pois ainda são formadas da mistura de argila, quartzo e feldspato. Já as peças queimadas tornam-se duras, difíceis de serem quebradas, porque ocorreu a formação da fase porcelana.

### **3 Materiais e Métodos**

Este capítulo seguirá a metodologia de projeto adotada, detalhando o passo-a-passo da realização do projeto. Em cada seção, com o auxílio de anexos quando pertinente, será possível entender as ideias obtidas, as decisões tomadas, os materiais utilizados e as ações realizadas.

Foi feito simultaneamente o projeto de duas prensas, pois a maioria das características das peças é igual. Quando houver diferença nos projetos, e isto acontece apenas no formato das peças, esta diferença será detalhada.

#### **3.1 Esclarecimento e Definição das Tarefas**

Nesta etapa são listados os requisitos do projeto. Mas, para conhecê-los, é preciso primeiramente conhecer como é o processo de prensagem manual, e também como são os isoladores desejados, que são os produtos que serão fabricados pelas prensas deste trabalho.

##### **3.1.1 O Processo Manual**

Até antes da realização deste trabalho, o processo de prensagem dos isoladores de porcelana era realizado manualmente por auxiliares de produção. Como há 10 tipos de isoladores diferentes, e necessita-se de 5000 unidades de cada tipo por mês, e cada operário consegue produzir manualmente cerca de 500 isoladores por dia, era preciso que cinco auxiliares de produção se dedicassem exclusivamente à produção de isoladores. Assim, cada funcionário era responsável pela produção de dois tipos diferentes de isoladores.

Primeiramente, com uma colher, um recipiente, e uma balança de precisão, estes operários dosavam a quantidade de pó necessária para produzir determinado tipo de peça. Depois colocavam este pó no molde e, com a força de seus braços e com a ajuda de alavancas, eles aplicavam a força necessária para compactar o pó de maneira desejada.

Porém, com a preocupação de aumentar a taxa de produção por funcionário, há tempos passou-se a investir na automatização dos processos. Mas, como os isoladores produzidos tem formatos muito peculiares, seria extremamente custoso comprar máquinas customizadas. Por isto, as máquinas são projetadas internamente.

Dentro dos investimentos já feitos estão duas prensas automáticas de isoladores. São produzidos aproximadamente 2000 isoladores de determinado modelo por dia por máquina. Um funcionário opera simultaneamente estas duas máquinas, adicionando matéria-prima quando necessário, realizando a inspeção dimensional das peças prensadas e ajustando parâmetros de operação

se necessário. Assim, em dois dias e meio de trabalho, um funcionário produz aquilo que ele produziria em um mês, e então ele pode desempenhar outras tarefas no restante do mês.

### **3.1.2 Características das Peças**

O produto final desejado são isoladores de porcelana que fazem parte da sonda lambda planar de automóveis. Os isoladores sinterizados devem ser não porosos, e com dimensões e massa bem definidas, considerando-se certa tolerância. Mas, para este trabalho, o importante é saber qual a massa e quais as dimensões das peças a verde, além de saber também qual a pressão aplicada na peça para que a porosidade a verde seja a adequada para que a retração ocorra como esperado.

Com base na experiência da prensagem manual, sabe-se que a pressão de prensagem deve ser de 320kgf/cm<sup>2</sup>. Já a massa da peça a verde, para ambos os modelos de isoladores, não deve ultrapassar 1g e não deve ser menor que 0,980g.

Como ocorrerá retração, segundo a equação (5), é preciso que as peças sejam prensadas com tamanho um pouco maior que o desejado para a peça sinterizada. Sabe-se que a RLS da porcelana é de cerca de 15%, podendo variar com as características do lote do pó, ou com a temperatura de sinterização. Por isto, todas as medidas exibidas no Apêndice A – Desenhos das Peças a Verde estão aumentadas em um fator  $FR = 1,176$  com relação às dimensões das peças sinterizadas.

A altura da peça é a única que apresenta uma faixa de tolerância, pois é a única medida da peça verde que pode ser regulada na prensagem. Esta regulagem deve ser feita principalmente porque cada lote de pó é diferente, ou seja, cada lote apresenta uma densidade ligeiramente diferente da densidade de outro. É variando a altura da peça que se obtém a porosidade adequada, já que a massa, a pressão e todas as outras dimensões são praticamente constantes.

### **3.1.3 Lista de Requisitos**

A lista de requisitos para as duas prensas é a mesma, pois a única diferença entre elas é o formato da peça que será prensada. Os requisitos destes projetos são:

- Automatizar todo o processo de prensagem, baseando-se na forma como é feita a prensagem manual, e também se baseando nas duas prensas já existentes;
- Fazer com que as peças prensadas automaticamente tenham dimensões, massa, densidade e porosidade dentro dos valores estipulados;
- Minimizar a intervenção humana nas máquinas, de forma que apenas um funcionário seja capaz de operá-las, e de maneira segura;



- Manter ou melhorar a velocidade de produção comparada com a velocidade das prensas existentes, ou seja, produzir ao menos 2000 isoladores por prensa por dia, que é o mesmo que produzir um isolador a cada 15 segundos por máquina;
- Manter ou melhorar o padrão de qualidade das peças;
- Permitir ajustes na quantidade de pó dosado e na altura da peça prensada, levando-se em consideração que diferentes lotes de pó serão prensados;
- Permitir modo de operação automático ou manual;
- Garantir confiabilidade, fazendo com que haja repetitividade na quantidade de pó dosado, e na altura da peça prensada, que são as únicas variáveis ajustáveis. Consequentemente, as peças prensadas serão todas quase exatamente iguais;
- Inspeccionar automaticamente todas as peças prensadas, aumentando ainda mais a confiabilidade, e diminuindo ainda mais a intervenção humana no processo;
- Entregar as prensas funcionando até o final de dezembro de 2011;
- Não gastar mais que R\$ 25.000,00 (vinte e cinco mil reais) com cada prensa.

### **3.2 Concepção do Projeto**

Conhecendo os requisitos do projeto, o próximo passo é definir suas funções, e depois criar soluções que as realizem. Esta seção mostra justamente quais são as diferentes funções necessárias para o bom funcionamento das prensas, de forma que os requisitos do projeto sejam cumpridos, e também como as soluções que realizam estas funções foram escolhidas.

#### **3.2.1 A Divisão das Funções**

Numa prensagem tradicional, há três funções que precisam acontecer: dosagem do pó, prensagem, e remoção da peça do molde. Como as peças prensadas precisam ir ao forno, é preciso dispô-las ordenadamente em uma placa cerâmica. Por isto há uma quarta função, que é o posicionamento das peças. Além disso, como um dos requisitos deste projeto é inspecionar todas as peças prensadas, há ainda uma quinta função, que é a inspeção das peças. Por fim, caso a peça inspecionada seja diagnosticada como ruim, será preciso descartá-la, o que cria uma sexta função.

Cada função pode ser realizada de diferentes maneiras. É por isto que se faz necessário criar um quadro morfológico, cujo papel é mostrar as diferentes soluções pensadas para cada função da máquina. Dessa forma, fica mais fácil decidir qual ou quais das soluções propostas melhor realiza determinada função.

### 3.2.2 O Quadro Morfológico

A Tabela 1 é o quadro morfológico criado a partir de todas as ideias surgidas para executar cada uma das seis funções necessárias para o funcionamento desejado das prensas. Através dele foi mais fácil decidir quais soluções acatar (destacadas em verde), quais classificar como secundárias (destacadas em amarelo) e quais descartar (destacadas em vermelho).

Tabela 1 - Quadro morfológico.

Solução Função	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4	Solução 5	Solução 6
Dosagem do pó	Dois atuadores lineares alinhados verticalmente	Um atuador rotacional				
Modo de aplicação da força de prensagem	Em uma extremidade da peça	Em ambas as extremidades da peça				
Remoção da peça do molde	Bandeja por baixo	Garra por cima	Vácuo por cima	Cilindro por cima		
Posicionamento da peça na placa que vai ao forno	<i>Pick-and-place</i> com manipulador indexado	<i>Pick-and-place</i> com mesa indexada	Plano inclinado	Manual		
Inspeção da peça	Câmera com processamento interno	Câmera com processamento em computador	Apalpadores	Barreira física	Sensores de imagem	Mecedor a laser
Rejeição de peça ruim	Cadafalso	Cilindro	Marca visual	Destruição		

### 3.3 Anteprojeto

Nesta etapa do projeto serão explicados os motivos da escolha de cada solução. Mas, tão importante quanto dizer os motivos pelos quais uma solução foi escolhida, é dizer as razões que fizeram com que uma solução fosse descartada, ou com que ela fosse considerada secundária.

Também será mostrado o custo de alguns dos componentes fundamentais utilizados na montagem da prensa. Alguns destes custos podem ter sido decisivos para a escolha de determinada solução.

### 3.3.1 O Sistema de Dosagem

Foi decidido utilizar apenas um atuador rotacional, e descartar a opção com dois atuadores lineares, por dois principais motivos: menor preço e maior facilidade de ajuste da quantidade de pó dosado. Se fossem utilizados dois atuadores lineares alinhados verticalmente, o ajuste na quantidade de pó dosado só poderia acontecer alterando a distância entre eles. Seria difícil realizar este ajuste sem deixar frestas na região de dosagem, o que poderia provocar vazamento de pó, que é algo extremamente indesejável.

Com um atuador rotacional, pode-se fazê-lo movimentar um eixo furado com um parafuso que ajusta o tamanho do furo, ou seja, que ajusta a quantidade de pó dosado. Além disso, o custo de um único atuador é a metade do custo de dois. O atuador escolhido para desempenhar o papel de dosagem, juntamente com válvula, solenoide, mangueiras e conexões, custaram aproximadamente R\$ 1.000,00. O código do atuador é CRB2BW30-180SE, e o fabricante é SMC.

### 3.3.2 O Sistema de Prensagem

Decidiu-se aplicar a força de prensagem em apenas uma extremidade da peça pelo fato de ela ter uma relação L/D suficientemente pequena. Acredita-se que não aparecerão gradientes de densidade em seu interior, como os mostrados pela Figura 2-9, a ponto de prejudicar as propriedades da peça. Porém, se após os testes perceber-se que há problemas com as peças, este modo de prensagem pode ser alterado. Por isto a solução que diz que a força deve ser aplicada em ambas as extremidades foi considerada secundária.

Além de definir como aplicar a força, é preciso também definir a magnitude desta força. Sabe-se que é necessário aplicar  $320\text{kgf/cm}^2$  de pressão nas peças. Observando os desenhos exibidos no Apêndice A – Desenhos das Peças a Verde, pode-se calcular a área superficial da face superior de cada peça, o que resulta  $1,17\text{cm}^2$  para a peça com o código 2410, e  $1,41\text{cm}^2$  para a peça com o código 0506. Assim, segundo a equação (1), é preciso que o cilindro aplique uma força de 3673N na primeira peça, e 4427N na segunda.

Observando o catálogo de cilindros pneumáticos, viu-se que há um cilindro que é capaz de aplicar 4524N a 6bar de pressão. Este cilindro se encaixa em ambas as prensagens, uma vez que basta diminuir a pressão de trabalho do cilindro para que ele aplique a força necessária. É preciso fornecer 4,87bar de pressão de trabalho à prensagem da peça 2410, e 5,87bar à prensagem da peça 0506.

O custo de cada cilindro deste, cujo fabricante é FESTO e o código é ADN-100-60-A-P-A-S2, somado com o preço da válvula, solenoide, sensores, mangueiras e conexões é de aproximadamente R\$ 1.500,00. Foi escolhido um cilindro com haste passante para montar nele um sistema antigiro. Montar este sistema externamente custa menos que comprar um cilindro especial que já o tenha embutido.

### 3.3.3 O Sistema de Remoção

As ideias de se remover a peça do molde através de garra e através de vácuo foram descartadas porque destes modos as peças poderiam ser danificadas, uma vez que elas são bastante frágeis a verde. Assim, restaram duas soluções possíveis, ambas já conhecidas e utilizadas em outras prensas.

Optou-se por removê-las por cima do molde, através de um cilindro que as empurra, pois o formato das peças não é complexo. A opção de removê-las por baixo do molde com uma bandeja foi deixada como secundária, pois este é o método utilizado em prensas que produzem peças com maior quantidade de detalhes.

Para remover as peças, são necessárias duas etapas. A primeira remove a peça do interior do molde, e a segunda remove a peça da região de prensagem. Para isso, são necessários dois cilindros distintos. O primeiro deles, com código ADN-100-60-A-P-A-S20 da FESTO, remove a peça do interior do molde. A escolha deste modelo envolve outros aspectos, como a força que ele é capaz de aplicar (característica útil caso a solução escolhida para o sistema de prensagem não seja satisfatória), e o fato de a haste ser vazada, que possibilita que o cilindro se mova ao redor de algo fixo.

O segundo cilindro, ADN-20-100-A-P-A, também FESTO, remove a peça da região de prensagem de forma que quando uma peça sai da prensa, ela empurra a peça que saiu imediatamente antes, que empurra anterior, e assim sucessivamente. O preço somado dos cilindros, válvulas, solenoides, sensores, conexões e mangueira é de cerca de R\$ 2.200,00.

### 3.3.4 O Sistema de Posicionamento

Algumas decisões deste sistema dependem das decisões tomadas para resolver a função de remoção da peça do molde. As soluções para o posicionamento que envolvem a técnica de *pick-and-place* foram descartadas porque só seriam possíveis se fossem escolhidas as soluções que usam garra ou vácuo para remover a peça da região de prensagem. Mas, como decidido, as peças saem da região de prensagem empurradas por um cilindro.

Para irem ao forno, as peças devem ser dispostas ordenadamente em uma placa cerâmica, aproveitando ao máximo o espaço disponível nesta placa. Pensou-se em deixar a placa cerâmica inclinada, de forma que as peças que saem da prensa se empurrem, e a gravidade as guia e ordena naturalmente. Porém, como esta placa cerâmica é áspera, o atrito poderia danificar as peças. Então, decidiu-se por descartar também esta solução.

Enfim, foi decidido que o posicionamento das peças na placa de cerâmica seria manual. As peças saem empurradas pelo cilindro, e vão se acumulando de forma não ordenada em uma superfície plana. O operador da máquina as pega com as próprias mãos, e as coloca cuidadosamente sobre a placa de cerâmica. Assim, não há custos envolvidos na execução desta solução.

### **3.3.5 O Sistema de Inspeção**

O fato de as peças pararem sempre no mesmo lugar após terem sido removidas da zona de prensagem é de grande vantagem, pois facilita muito o processo de inspeção. A dimensão mais importante a ser inspecionada é a altura da peça, uma vez que as outras são praticamente fixas, devido ao formato do molde.

Foi decidido por usar a câmera com processamento em computador, que é um trabalho que está sendo desenvolvido por Stevan Rodrigues Manzan, aluno da Engenharia Mecatrônica da EESC-USP. Com seu trabalho, podem-se inspecionar várias dimensões das peças, enquanto que com a opção secundária, os medidores a laser, apenas a altura pode ser mensurada. Foi graças à capacidade do trabalho de Stevan de medir mais dimensões que ele foi escolhido, embora os medidores a laser sejam completamente aptos a classificar uma peça como boa ou ruim. O custo da opção selecionada gira em torno de R\$ 4.000,00.

A câmera com processamento interno foi rejeitada devido ao elevado custo. Os sensores de imagem foram rejeitados, pois segundo o fabricante, ele não seria capaz de atender aos requisitos. Os apalpadores foram rejeitados porque poderiam danificar as peças. Já a barreira física foi rejeitada porque ela só indicaria como peças ruins aquelas com altura maior que a estipulada.

### **3.3.6 O Sistema de Rejeição**

A função deste sistema é garantir que uma peça considerada ruim não seja misturada com as peças boas. As peças, boas e ruins, depois de inspecionadas, estarão paradas sempre na mesma posição. Se não forem rejeitadas, serão empurradas pela próxima peça prensada. Portanto, é preciso rejeitá-la antes do próximo ciclo de prensagem.

Foi escolhido utilizar um cilindro para remover a peça da fila de peças prensadas simplesmente pela facilidade de realizar este movimento. Todas as outras opções foram rejeitadas porque foram consideradas mais difíceis de executar que a solução que utiliza o cilindro.

### **3.3.7 O Sistema de Controle**

Para que todos os sistemas já citados desempenhem seu papel como devem, é preciso que outro sistema faça a interligação entre eles. Este sistema é o sistema de controle, que não faz parte do quadro de decisões do projeto, mas que é de fundamental importância para sua realização.

Ele consiste basicamente em fazer cada função acontecer na ordem definida. A Tabela 2 mostra como é esta ordem, baseando-se na teoria de máquinas de estado.

Para controlar todo o sistema foi escolhido um CLP simples, mas que é perfeitamente capaz de realizar todos os procedimentos necessários para a automatização da prensa. O preço dele, juntamente com a fonte de alimentação CC necessária para alimentá-lo (e também alimentar outros elementos como solenoides, botoeiras e sensores) é de R\$ 1.200,00. O código do CLP é CLIC02-20HR-D, da fabricante WEG, e o da fonte chaveada é WPS24VDC/3.2A77W, da fabricante WESEN.

Tabela 2 - Diagrama de transições de estados.

Estado Condição	Dosagem	Prensagem	Remoção	Inspeção	Rejeição
Dosado?	Vá para prensagem				
Prensado?		Vá para remoção			
Removido?			Vá para inspeção		
Peça boa?				Vá para dosagem	
Peça ruim?				Vá para rejeição	
Rejeitado?					Vá para dosagem

### 3.4 Detalhamento do Projeto

Tendo definido como realizar as funções, basta agora desenvolver as peças e as montagens necessárias para isto, ou seja, precisam-se projetar os componentes mecânicos da prensa, projetar o sistema pneumático e o sistema elétrico, e programar o CLP.

#### 3.4.1 O Projeto Mecânico

Este projeto é o que dará forma à prensa. Nele estão incluídos desde os elementos estruturais como bancada e colunas, até as pequenas e delicadas ferramentas que darão forma à peça a verde.

Os desenhos mostrados estão em sua versão final. Mas antes de definir a forma final de cada componente, foram realizadas várias simulações de montagem e de movimentação da máquina. Dessa forma, os riscos de acontecerem erros de projetos foram bastante diminuídos.

A maioria dos desenhos é exatamente igual para ambas as prensas. Quando algum componente mecânico de uma prensa não servir para a outra, este será devidamente diferenciado.

A seguir, na Figura 3-1, estão os desenhos da prensa montada e da prensa explodida. Todos os componentes estão devidamente relacionados, ou seja, apenas os graus de liberdade que existiriam na prensa real montada existem no desenho. Por isto, foi neste desenho que as principais simulações de montagem e movimentação aconteceram.

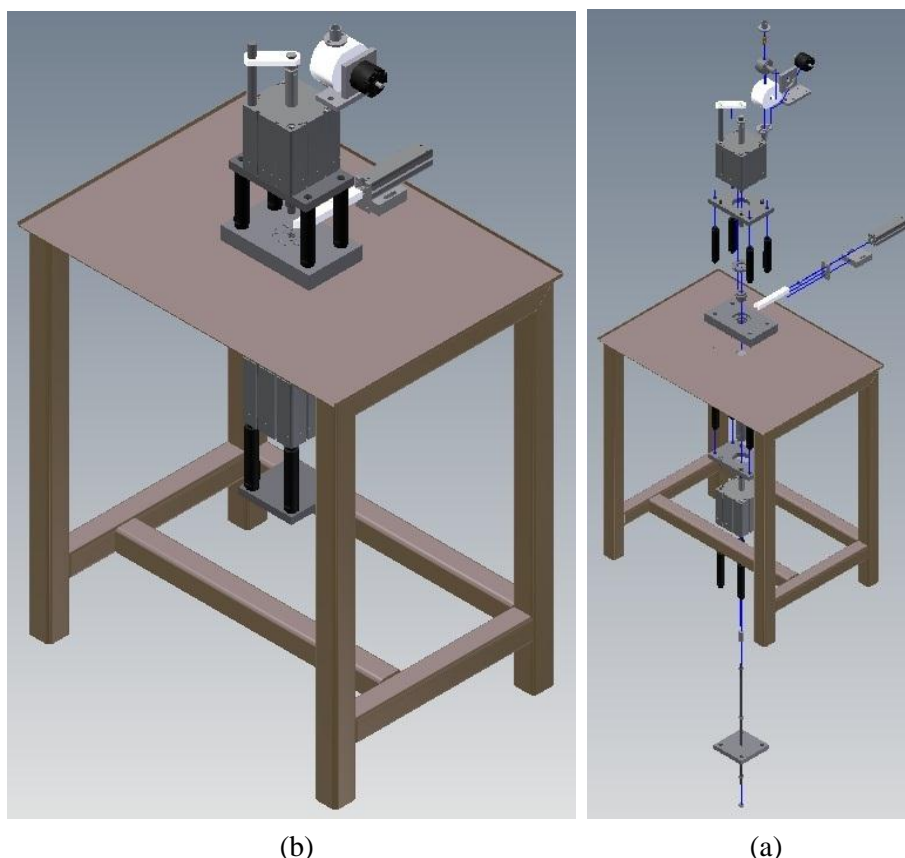


Figura 3-1 - Projeto da prensa. (a) Prensa montada. (b) Vista explodida.

A bancada das prensas foi desenhada com base na norma NR 17 – Ergonomia. A principal característica que poderia influenciar numa condição de trabalho ruim é a altura da bancada, mas esta foi ajustada em 80cm, que é a altura ideal para que o operário trabalhe sem ter que forçar sua coluna para abaixar, e sem ter que deixar seus braços apoiados em um lugar elevado, a ponto de ficarem em uma posição desconfortável.

Cada bancada é composta de duas partes: a estrutura e a tampa. Estes desenhos podem ser vistos no Apêndice B – Desenhos da Bancada. O preço total de cada bancada é de R\$ 700,00.

Já as colunas são responsáveis pela sustentação das mesas e dos cilindros, e também são elas que definem a distância entre duas mesas. São componentes estruturais importantíssimos, já que seu tamanho correto permite a movimentação dos cilindros de maneira desejada.

Para cada máquina, o conjunto de colunas custou R\$ 400,00. Os desenhos delas estão no Apêndice C – Desenhos das Colunas.

Quanto às mesas, há dois tipos diferentes utilizados. O primeiro tipo são mesas que apenas suportam os cilindros. Em cada prensa, são usadas duas destas mesas. O preço delas, cujo código é FNC-100, da FESTO, é de R\$ 300,00.

Mas há outras duas mesas que tem funções mais nobres. Elas comportam partes do molde de onde sairão as peças prensadas. No Apêndice D – Desenhos das Mesas, estão estas mesas, que são

customizadas, e também algumas outras pequenas partes que serão montadas nelas. O preço destas mesas é R\$ 500,00. Assim, a despesa total com mesas é de R\$ 800,00.

Para realizar a dosagem do pó, além das peças mostradas no Apêndice E – Desenhos do Dosador, precisa-se do cilindro rotacional já especificado na seção 3.3.1 para montar o dosador. O cilindro movimenta um eixo que contém um furo, cujo tamanho pode ser ajustado através de um parafuso, e assim, ajusta-se a quantidade de pó dosado.

Acima do dosador está um recipiente que contém grande quantidade de pó, o qual cai no furo do eixo do dosador através da gravidade. O cilindro então dá meia volta e despeja no molde, também por gravidade, todo o pó presente no furo. Depois ele retorna à posição inicial, aguardando que outro ciclo seja começado.

O custo para fazer as peças de um dosador foi de R\$ 500,00.

Por fim, as ferramentas são os únicos itens que diferenciam os dois projetos, já que elas são os elementos das prensas responsáveis por dar forma aos isoladores. No Apêndice F – Desenhos das Ferramentas estão os desenhos de todas as ferramentas.

As ferramentas cuja denominação contém o algarismo 1, por exemplo, "Matriz 1", são as ferramentas que produzem a peça com o código 2410. Se a denominação contiver o algarismo 2, como em "Matriz 2", a ferramenta faz parte da prensa que fabrica o isolador 0506. Por fim, ferramentas sem algarismos na denominação são iguais para as duas prensas.

As ferramentas englobam também o sistema de anti giro e parte do sistema de remoção. O sistema de anti giro impede que o êmbolo do cilindro de prensagem gire em torno de seu próprio eixo, evitando assim o desalinhamento e a consequente colisão das ferramentas. Como dito anteriormente, montar um sistema de anti giro externo é economicamente mais vantajoso que comprar um atuador com este sistema interno.

Já a ferramenta que faz parte do sistema de remoção é uma peça que vai acoplada ao cilindro de remoção da peça da região de prensagem. Ao mesmo tempo em que esta ferramenta empurra o isolador prensado, ela também permite que o pó caia no molde, de modo a poupar tempo na operação.

Em média, o custo de um conjunto de ferramentas para uma prensa custa R\$ 2.300,00.

### **3.4.2 O Projeto Eletropneumático**

Como já se sabe quantos são os cilindros necessários, como será o controle da prensa, e como são as transições de estado, pode-se realizar o projeto eletropneumático da prensa.

A Tabela 3 tem papel fundamental na organização do projeto. Ela define a numeração dos cilindros, das válvulas, dos sensores, das entradas e das saídas do CLP. Desta forma, tendo tudo numerado e identificado, a manutenção futura da máquina é bastante facilitada.



Tabela 3 - Identificação dos componentes eletropneumáticos.

Cilindro	Função	Código do fabricante	Válvula relacionada	Sensor de fim de curso recuado (Entrada do CLP)	Sensor de fim de curso avançado (Entrada do CLP)	Saída do CLP
1	Prensagem (superior)	ADN-100-60-A-P-A-S2	1	S1 (I4)	S2 (I5)	Q1
2	Prensagem (inferior)	ADN-100-60-A-P-A-S20	2	S3 (I6)	S4 (I7)	Q2
3	Remoção	ADN-20-100-A-P-A	3	S5 (I8)	S6 (I9)	Q3
4	Dosagem	CRB2BW30-180SE	4			Q4
5	Inspecção	Não especificado	5			Q5

Apesar da íntima relação entre a parte elétrica e a parte pneumática da máquina, ainda assim é possível separá-las para que sejam mais bem explicadas.

### 3.4.3 O Projeto Pneumático

No Apêndice G – Diagrama Pneumático está um esquemático de como conectar todos os cilindros, válvulas e sensores. Esta maneira visual de mostrar o sistema facilita sua montagem.

A válvula manual existente no esquemático permite ou não a entrada de ar comprimido no sistema. Depois de passar por ela, o ar passa por um filtro e regulador, que remove suas impurezas e regula a pressão com que ele vai aos cilindros. Por fim, o ar é distribuído através de um *manifold*, ou tubo de distribuição, para as válvulas que acionam os cilindros.

Para comprar o *manifold*, a válvula manual e o filtro e regulador, foram gastos R\$ 900,00.

### 3.4.4 O Projeto Elétrico

O projeto elétrico mostra todas as ligações elétricas necessárias para o funcionamento correto da prensa. Observando-o, podem-se reproduzir as conexões entre a rede, a fonte, o CLP, as bobinas, os sensores, os botões, o disjuntor e o fusível. As cores das linhas representam as cores dos fios utilizados para fazer as ligações.

Na Tabela 4, estão mostrados os valores de corrente nominal de cada componente elétrico da prensa. Estes valores são importantes para definir a capacidade de proteção do fusível.

Tabela 4 - Corrente nominal dos componentes elétricos.

Componente	Quantidade existente	Quantidade máxima utilizada	Corrente nominal (mA)
CLP	1	1	185
Bobina	5	2	187,5
Sensor	6	3	80
Botoeira (bimanual)	2	2	60

Somando a corrente de todos os componentes que podem ser utilizados ao mesmo tempo, resulta 920mA. Como a fonte é capaz de fornecer até 3,2A de corrente, colocou-se em sua saída um fusível de 1A.

Além deste fusível na saída da fonte, foi também instalado como proteção um disjuntor na entrada do sistema, para protegê-lo contra surtos na rede. Este disjuntor é bipolar e de 10A, o menor valor nominal disponível.

Vale lembrar que toda a bancada da prensa está aterrada, minimizando os riscos de choques elétricos ao operá-la. Mais uma característica de segurança é a instalação do botão de emergência na alimentação do CLP, de forma a desligá-lo quando em uma situação de emergência, desligando também todas as suas saídas, ou seja, recuando todos os cilindros para a posição segura e preservando a saúde do operador.

### 3.4.5 O Programa *Ladder*

Por fim, para dar "vida" à prensa, é preciso fazer o programa *ladder*. Antes dele, baseando-se na Tabela 2, que mostra a transição entre estados, criou-se o diagrama trajeto-passo, para facilitar a programação. A Figura 3-2 mostra o caso onde não há rejeição, e a Figura 3-3 mostra o diagrama com rejeição.

O passo 0 mostra a posição inicial, e também a de segurança, da prensa, em que todos os cilindros estão recuados.

Como a operação é cíclica, a princípio, qualquer passo poderia ser o primeiro. Mas se a dosagem fosse o primeiro passo, poderia acontecer de acontecer dosagem dupla em caso de retorno à operação após parada de emergência. Portanto, escolheu-se fazer a remoção da peça do molde como passo 1, para garantir que não haverá nada no molde no começo da operação.

Depois, os passos seguem os estados descritos pela Tabela 2. No passo 2 acontece a remoção da peça da zona de prensagem. No passo 3 há a rejeição ou não da peça (esta é a única diferença entre os dois diagramas), ao mesmo tempo em que há liberação de espaço dentro do molde. Já no passo 4 acontece a dosagem, e o passo 5 é um tempo de espera para que o pó caia até o molde. O passo 6 é igual ao passo 0, mas com a diferença que há pó no molde (é preciso marcar uma *flag* para que o CLP perceba esta diferença). No passo 7 acontece a prensagem, no passo 8 há outro tempo de espera, para que a força de prensagem não seja aplicada por tempo insuficiente, e por fim, o passo 9 é idêntico ao passo 0, começando um novo ciclo.

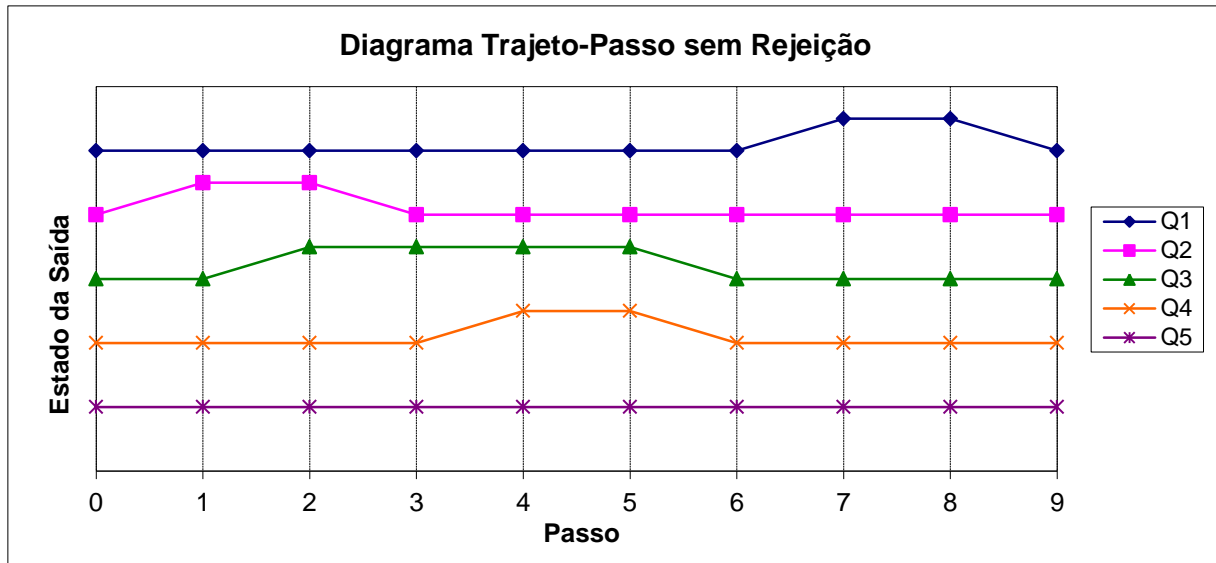


Figura 3-2 - Diagrama trajeto-passo sem rejeição.

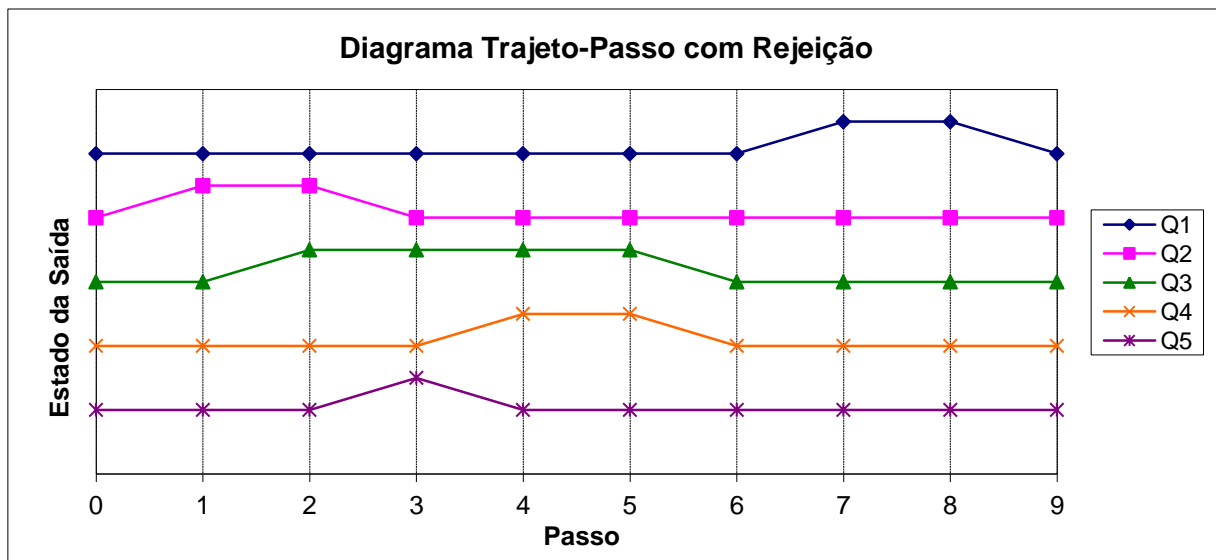


Figura 3-3 - Diagrama trajeto-passo com rejeição.

No programa *ladder*, que está no Apêndice I – Programa *Ladder*, além da implementação destes passos, foi implementado também o comando bimanual, satisfazendo as recomendações do PPRPS. Indo mais além, foram implementados modos de operação manual e automática, e uma condição de parada baseada na contagem de isoladores classificados como ruins.

Quando o número de peças ruins alcança 50, a prensa para. Avalia-se então o intervalo de tempo desde a última parada por este motivo. Se este intervalo for muito pequeno, significa que há algo errado com a máquina, ou com o pó, ou mesmo com o sistema de inspeção. Assim, é preciso realizar uma manutenção. Mas, se essas 50 peças estiverem contidas num largo intervalo de tempo, então basta voltar a operar a prensa normalmente, já que a razão entre peças ruins e peças boas é bastante pequena e, portanto, aceitável.

Para melhor entender o programa, a seguir está a Tabela 5, que nomeia as variáveis do CLP.

Tabela 5 – Variáveis do CLP.

Número da variável Símbolo (tipo da variável)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
I (entrada)	Botão 1	Botão 2	Modo automático ou manual	S1	S2	S3	S4	S5	S6			Inspeção
Q (saída)	Cilindro superior	Cilindro inferior	Cilindro de remoção	Cilindro de dosagem	Cilindro de rejeição							
M (interna)	Operação	Fim de Passo	Auxiliar	Flag	Estado 1	Estado 2	Estado 3	Estado 4	Estado 5			
T (timer)	Tempo de acionamento bimanual	Tempo de dosagem	Tempo de prensagem									
C (contador)	Contador de peças ruins											

Para finalizar a programação, é preciso configurar o CLP. A Figura 3-4 mostra qual é a configuração correta do sistema. A maior parte das configurações é automática, a não ser a parte que trata da retenção das variáveis M e C.

Lembrando-se que o botão de emergência não é uma variável do programa *ladder*, mas sim uma forma externa de desligar todas as saídas do CLP, é preciso deixar as variáveis internas não retentivas para que não haja movimentação inesperada de algum cilindro quando a prensa sai do estado de emergência, ou seja, quando o CLP é religado. Se elas fossem retentivas, a variável M1, por exemplo, continuaria em nível alto, o que continuaria a operação automática da máquina sem que o operador agisse.

**Configuração do Sistema**

**Ajustar ID**

ID Atual: 1

Novo ID (00-99): 1

**Expandir I/O**

Número de E/S: 0

☐ Alarme de E/S

**Tipo V**

Modo: 8/N/2

Baud Rate: 38400

**E/S Remota**

☒ Não

☐ Mestre

☐ Escravo

**Outros**

☐ M Retentivo

☐ C Retentivo

☐ Luz de Fundo

☐ Ajuste Z

**Ajuste do DR**

☒ Sem Sinal

☐ Com Sinal

Ajuste Cancelar

Figura 3-4 - Configuração dos parâmetros do CLP.



## 4 Análise de Resultados

Neste capítulo serão mostrados todos os resultados, sejam eles positivos ou negativos. O primeiro resultado visível é a prensa montada. Com ela pronta, pode-se fazer as peças, que são outros resultados. E por fim, virá a análise de alguns itens que ainda devem ser realizados para cumprir totalmente a lista de requisitos do projeto.

### 4.1 A Prensa Montada

Nas figuras a seguir, estão fotos tiradas de uma prensa montada. Graças às simulações de montagem e de operação realizadas durante seu projeto, sua montagem foi fácil e precisa. Não houve erros de projeto que fizessem com que peças mecânicas precisassem ser redesenhadas.



Figura 4-1 - Prensa montada.

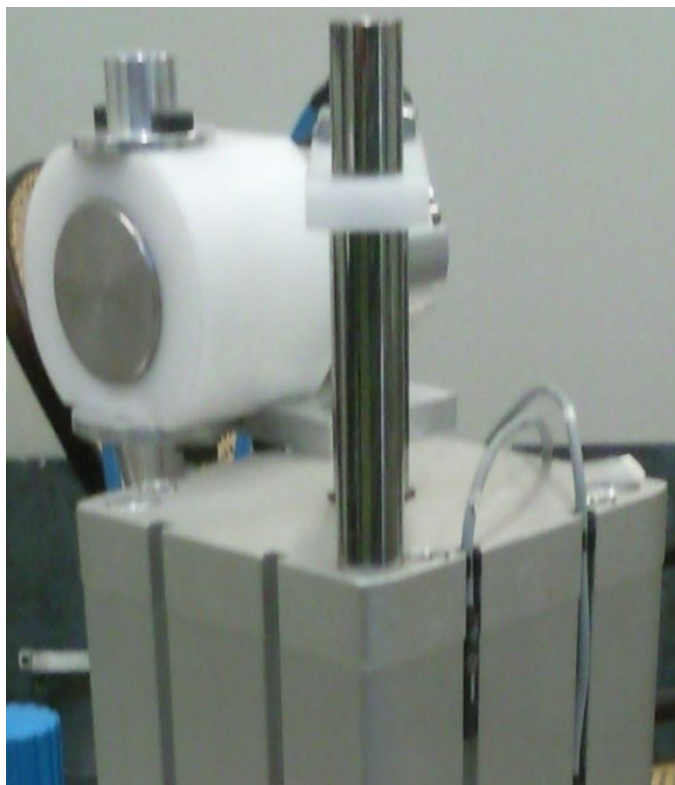


Figura 4-2 - Detalhe do sistema de antgiro e do dosador.

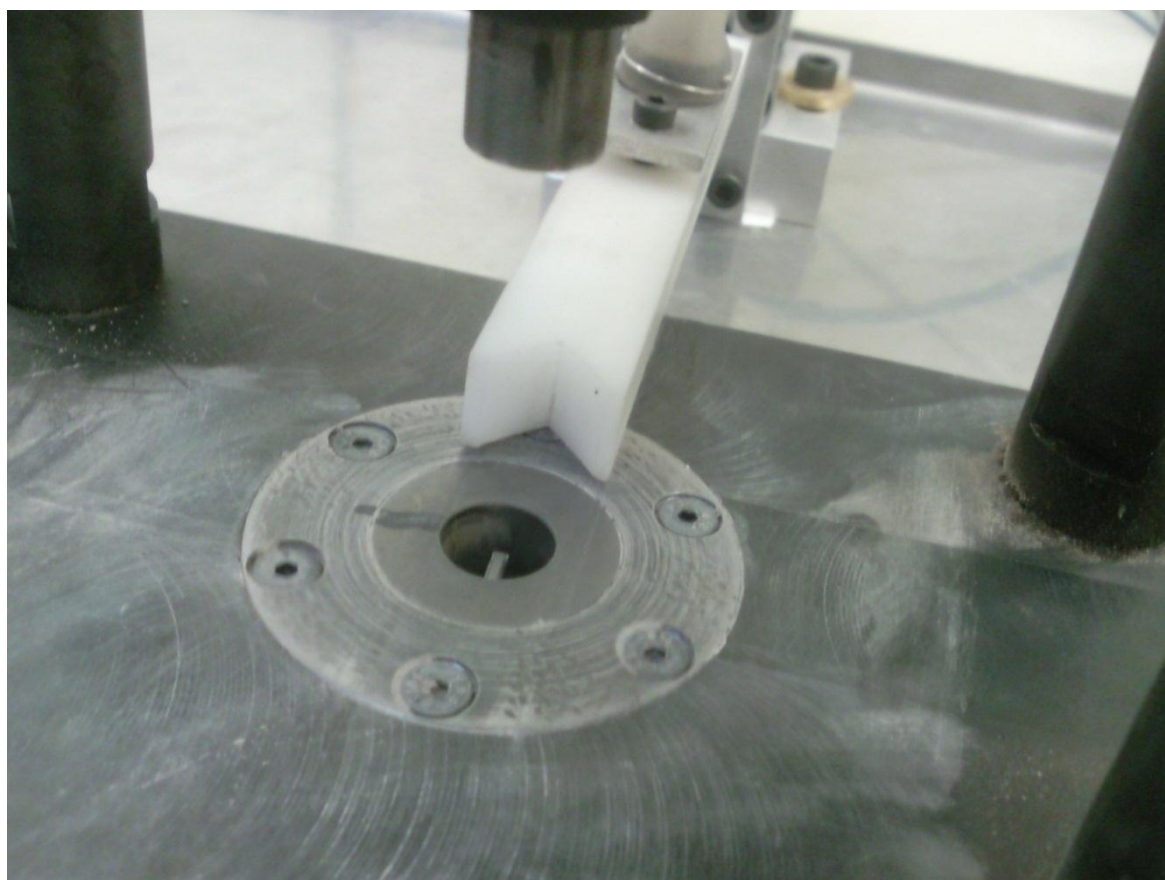


Figura 4-3 - Detalhe da zona de prensagem.





Figura 4-4 - Paineleletropneumático.

Para montar esta prensa foram gastos R\$ 15.500,00 com materiais, valor consideravelmente abaixo dos R\$ 25.000,00 inicialmente propostos.

O programa *ladder* funcionou corretamente. Os cilindros realizaram seus movimentos no momento devido. O acionamento do botão de emergência também aconteceu como esperado. Ao cortar a alimentação do CLP, todas as saídas são desligadas, e todos os cilindros recuam para sua posição inicial e segura.

## 4.2 As Peças Prensadas

Com a prensa funcionando, era preciso então regular a quantidade de pó dosado e a altura da peça prensada. Num primeiro ajuste, cada peça do modelo 0506 estava com 1,1g e com 4,0mm de altura. Mesmo sabendo-se que estes valores estão fora das tolerâncias, decidiu-se por sinterizar as peças. Porém, como esperado, elas não sinterizaram como deveriam.

Então foi feito outro ajuste no parafuso do dosador e no limitador, conseguindo com que a prensa fizesse isoladores com 0,99g e 4,65mm de altura a verde, valores muito próximos à média desejada. Esta segunda batelada de isoladores sinterizou corretamente, e resultou em peças boas, que foram enviadas à linha de produção da sonda lambda planar.

Neste segundo teste, além de ajustar corretamente a massa e a altura do isolador, foram ajustadas também as vazões de ar comprimido em cada válvula, de forma a minimizar o tempo de um ciclo de prensagem. Com isto, foi possível atingir a marca de uma peça prensada a cada seis segundos, velocidade 150% superior à requisitada.

### **4.3 Resultados Pendentes**

Embora a prensa tenha funcionado corretamente, e os isoladores produzidos por ela tenham sido aprovados para incorporar a linha de produção, por estarem dentro dos padrões estabelecidos, há ainda alguns requisitos do projeto que não foram cumpridos.

O primeiro deles é a quantidade de prensas. Deveriam ser feitas duas máquinas, uma que prensasse o isolador 2410, e outra que prensasse o isolador 0506. Porém, devido à demora na entrega das ferramentas da primeira prensa, até o presente momento apenas a segunda prensa está pronta. Mas, assim que as ferramentas forem entregues, ainda antes do prazo final mostrado na lista de requisitos, a primeira prensa pode ser montada. E será ainda mais fácil montá-la, devido à experiência adquirida com a montagem da prensa do isolador 0506.

Outro requisito não cumprido é o referente ao sistema de inspeção, que não foi incorporado à prensa também por motivo de tempo. A câmera com processamento via computador está nas etapas finais de seu desenvolvimento, mas acredita-se que esta solução proposta será capaz de atender as necessidades da produção de isoladores. No caso desta solução não ser aplicável a este projeto, ainda há uma solução secundária, que são os medidores a laser.

Foi devido ao fato de a solução escolhida para inspecionar as peças não estar pronta que há alguns detalhes faltando neste trabalho, como por exemplo, o código do cilindro de remoção, na Tabela 3, ou o esquema de ligação da câmera no CLP no Apêndice H – Diagrama Elétrico.

## 5 Conclusões

Pode-se concluir que o projeto atendeu à maioria dos requisitos definidos na lista de requisitos, e atenderá aos requisitos restantes até o final do prazo estipulado, dezembro de 2011. Apenas por uma questão de tempo, está faltando terminar de montar a prensa do isolador 2410, e instalar o sistema de inspeção nas prensas.

A prensa montada produz mais rápido que o requisitado, de maneira eficiente, repetitiva e segura. As peças têm pequenas variações, e têm qualidade superior às peças prensadas manualmente. Além disso, gastou-se menos que o esperado com a prensa. É um investimento que será pago antes do que se imaginava, devido à menor despesa realizada e à maior velocidade de produção atingida. Porém, convém que modificações ainda sejam feitas na parte de segurança e parada de emergência, de forma que a máquina esteja adequada inteiramente dentro das normas regulamentadoras, principalmente da NR 12.

Agora que a prensa já faz parte da produção de sondas lambda planar, houve melhoria na produção deste e de outros produtos, e também na condição de trabalho de alguns funcionários. O mesmo funcionário que operava as prensas já existentes passou a operar a nova prensa. Assim, o operário que produzia manualmente os isoladores foi realocado para outro setor. Este setor ganhou produtividade, e o funcionário passou a fazer tarefas menos monótonas, menos repetitivas, e que demandam menor esforço físico.

Com este trabalho foi adquirido algum conhecimento na área da engenharia mecânica e na área de engenharia de materiais cerâmicos. Também foi aprimorado o conhecimento já existente na área de automação industrial, o qual é oriundo do curso de engenharia elétrica. Legislação e normas trabalhistas foram outros assuntos aprendidos com este trabalho.

Por fim, este trabalho proporcionou grandes experiências sociais, uma vez que foi preciso interagir com pessoas dos mais variáveis tipos, como gerentes, funcionários, vendedores, técnicos e prestadores de serviço.



## Referências Bibliográficas<sup>1</sup>

- [1] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen e K.-H. Grote, Projeto na Engenharia, São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- [2] “Automação,” [Online]. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Automação>. [Acesso em setembro 2011].
- [3] “Normas Regulamentadoras - Segurança e Saúde do Trabalho,” [Online]. Disponível em: [www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nrs.htm](http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nrs.htm). [Acesso em julho 2011].
- [4] “NR 05 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes,” [Online]. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr5.htm>. [Acesso em julho 2011].
- [5] “NR 10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade,” [Online]. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr10.htm>. [Acesso em julho 2011].
- [6] “NR 12 Máquinas e Equipamentos,” [Online]. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm>. [Acesso em julho 2011].
- [7] “NR 17 Ergonomia,” [Online]. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm>. [Acesso em julho 2011].
- [8] “Programa de Prevenção de Riscos em Prensas e Similares,” [Online]. Disponível em: <http://www.pprps.com.br>. [Acesso em julho 2011].
- [9] D. Brandão, “Notas de Aula - SEL0406 - Automação,” São Carlos, 2010.
- [10] “Máquina de Estados Finitos,” [Online]. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Máquina\\_de\\_estados\\_finitos](http://pt.wikipedia.org/wiki/Máquina_de_estados_finitos). [Acesso em setembro 2011].
- [11] “Fabricação de Peças de Porcelana,” [Online]. Disponível em: <http://www.sebrae-sc.com.br/faq/default.asp?vcdtexto=2906&^^>. [Acesso em setembro 2011].
- [12] J. S. Reed, Principles of Ceramics Processing, New York: John Wiley & Sons, 1995.
- [13] P. d. S. Santos, Tecnologia de Argilas, São Paulo: Edgard Blücher, 1975.
- [14] D. W. Richerson, Modern Ceramic Engineering, New York: Marcel Dekker, 1992.
- [15] G. Y. Onoda e L. L. Hench, Ceramic Processing Before Firing, New York: John Wiley & Sons, 1978.
- [16] L. H. Van Vlack, Propriedades dos Materiais Cerâmicos, São Paulo: Edgard Blücher, 1973.
- [17]<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses da USP - ABNT, São Paulo: Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBi/USP, 2009.

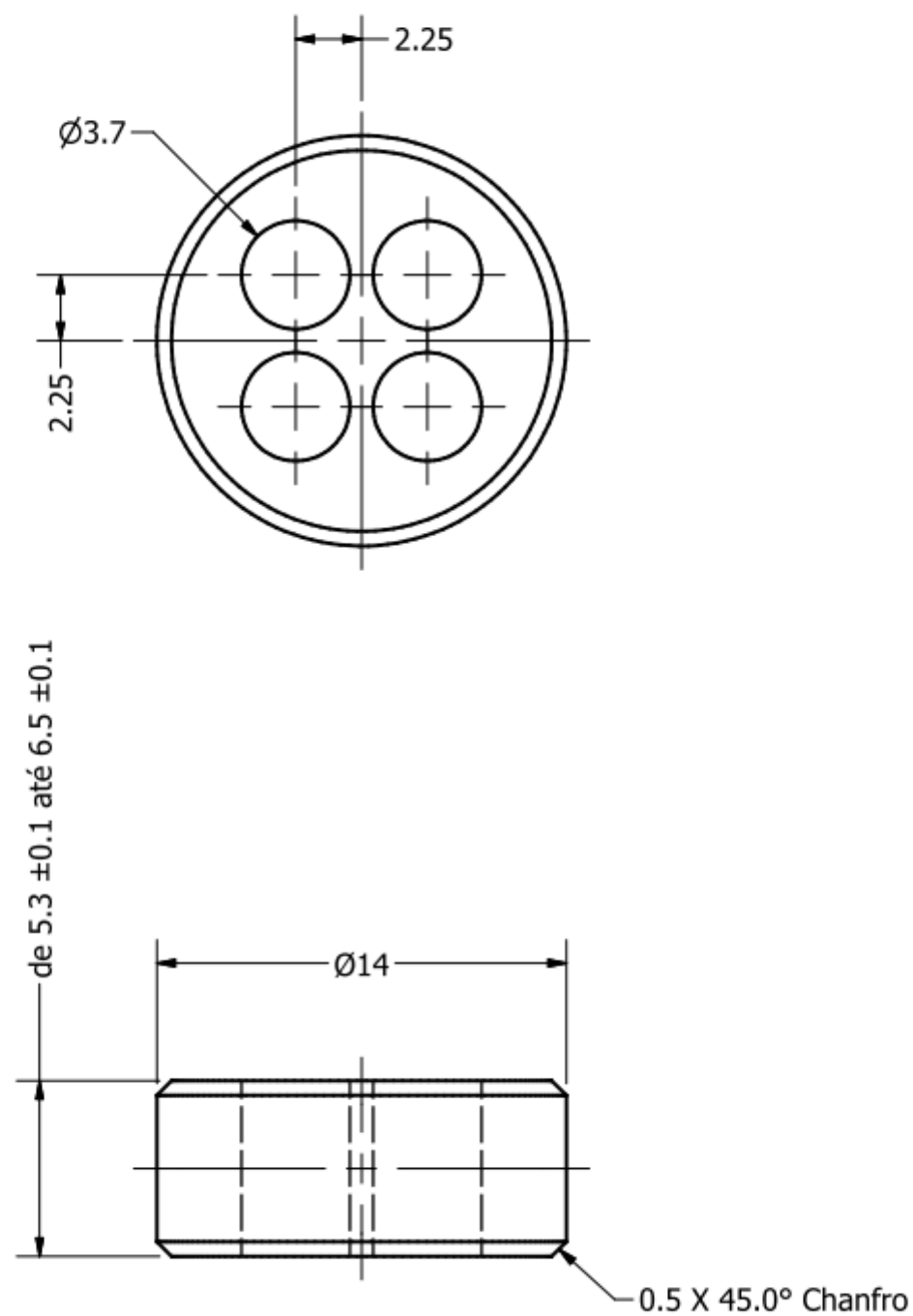
---

<sup>1</sup> De acordo com o Padrão IEEE 2006.

<sup>2</sup> Bibliografia apenas consultada.

- [18]<sup>2</sup> “Norma Regulamentadora,” [Online]. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Norma\\_Regulamentadora](http://pt.wikipedia.org/wiki/Norma_Regulamentadora). [Acesso em julho 2011].
- [19]<sup>2</sup> C. A. Fortulan, “Notas de Aula - SEM0502 - Desenho Técnico Mecânico I,” São Carlos, 2009.
- [20]<sup>2</sup> H. Hausner, G. L. Messing e S.-i. Hirano, *Ceramic Processing Science and Technology*, Westerville, Ohio: The American Ceramic Society, 1995.
- [21]<sup>2</sup> L. A. Oliveira Araujo, “Projeto Conceitual e Construção de um Protótipo de uma Minimáquina para o Corte de Substratos de Alumina,” São Carlos, 2009.
- [22]<sup>2</sup> WEG, “Manual do Usuário CLIC-02 WEG,” 2010.

## **Apêndice A – Desenhos das Peças a Verde**



**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**ISOLADOR 2410**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**Porcelana**

QUANTIDADE:

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**27/7/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**1 / 2**

DIMENSÕES:

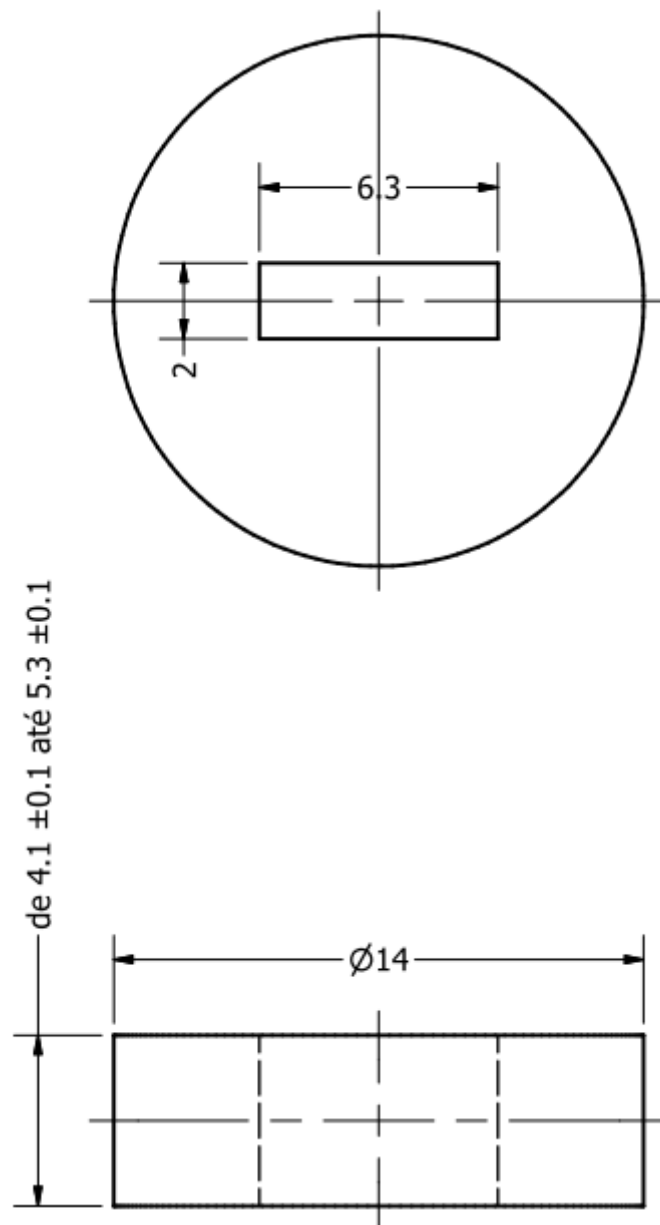
**mm [pol]**

ESCALA:

**4:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiarios\LUCAS\TCC\Prensa Completa\2410.ipt

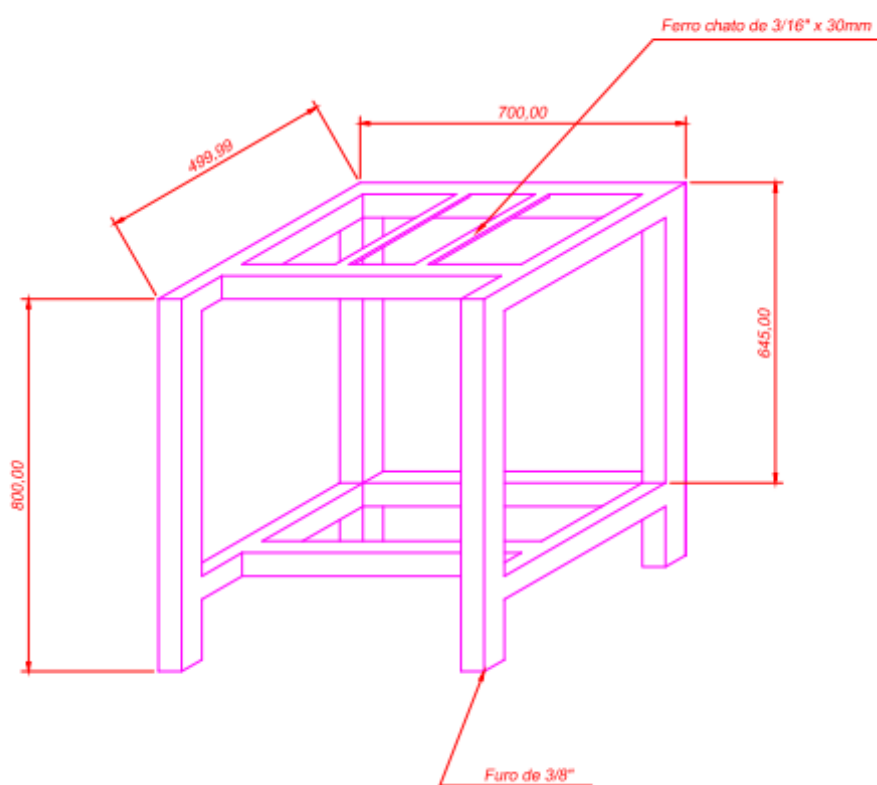
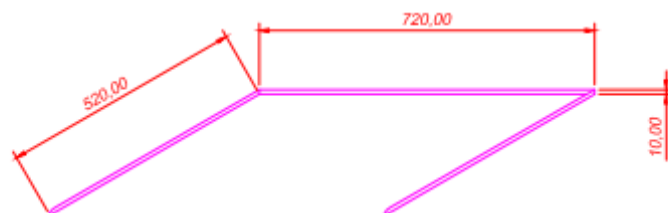





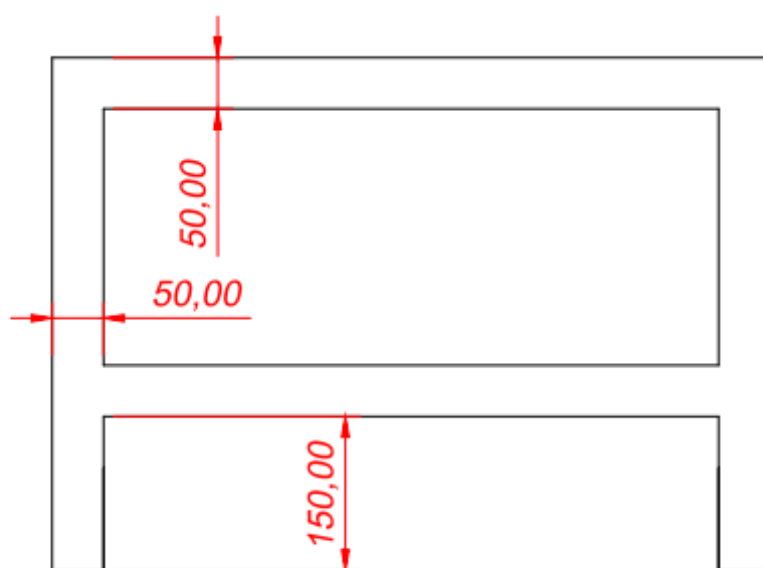
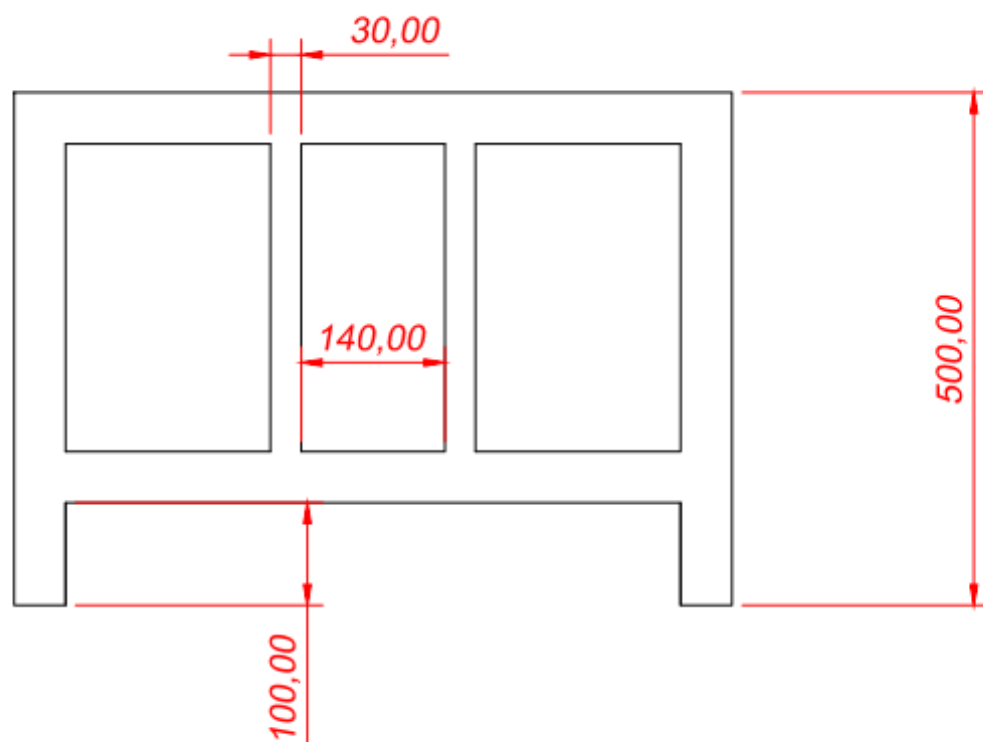
<b>CERAUTO</b> <i>Automotive Sensor Technologies</i>		TÍTULO: <b>ISOLADOR 0506</b>		
PROJETO: <b>PRENSA ISOLADOR</b>		MATERIAL: <b>Porcelana</b>		QUANTIDADE:
DESENHADO POR: <b>Lucas</b>	DATA: <b>27/7/2011</b>	CHECADO POR:	DATA:	TAM. FOLHA: <b>A4</b>
OBS.:		FOLHA: <b>2 / 2</b>	DIMENSÕES: <b>mm [pol]</b>	ESCALA: <b>4:1</b>
ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiarios\LUCAS\TCC\Prensa Completa\0506.ipt				




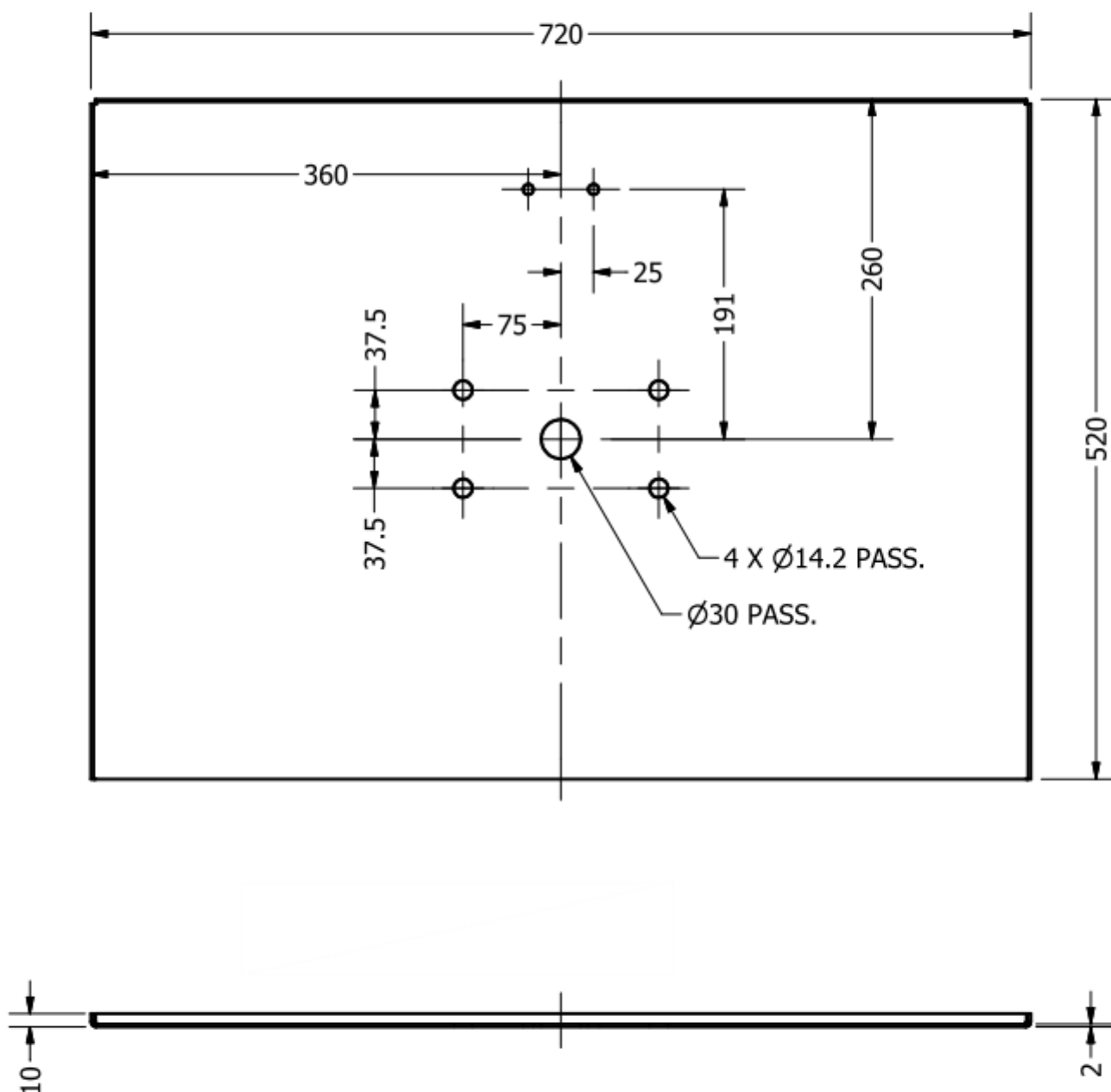
## **Apêndice B – Desenhos da Bancada**



Itemref	Quantidade: 3x	Material: Aço INOX	Article No./Reference		
Details					
Designed by CERAUTO / MTE	Checked by	Approved by - date	Dimension mm	Date 01/ 03/ 2011	Scale
			Bancada para prensas semi-hidráulicas		
			Type		Sheet 1 / 1



Itemref	Material: Metalon		Article No./Reference		
Details					
Designed by CERAUTO / MTE	Checked by	Approved by - date	Dimension mm	Date 01/ 03 / 2011	Scale
			Bancada das prensas semi-hidráulicas		
			Type		Sheet 1 / 1



**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**TAMPA DA BANCADA**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**AÇO INOX**

QUANTIDADE:

**2**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**19/4/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

**Dobra de 10mm em 3 lados**

FOLHA:

**1 / 1**

DIMENSÕES:

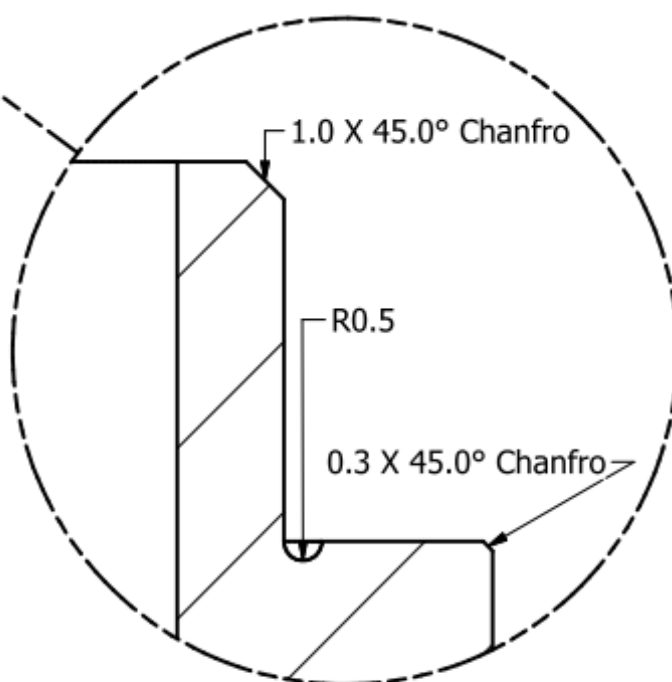
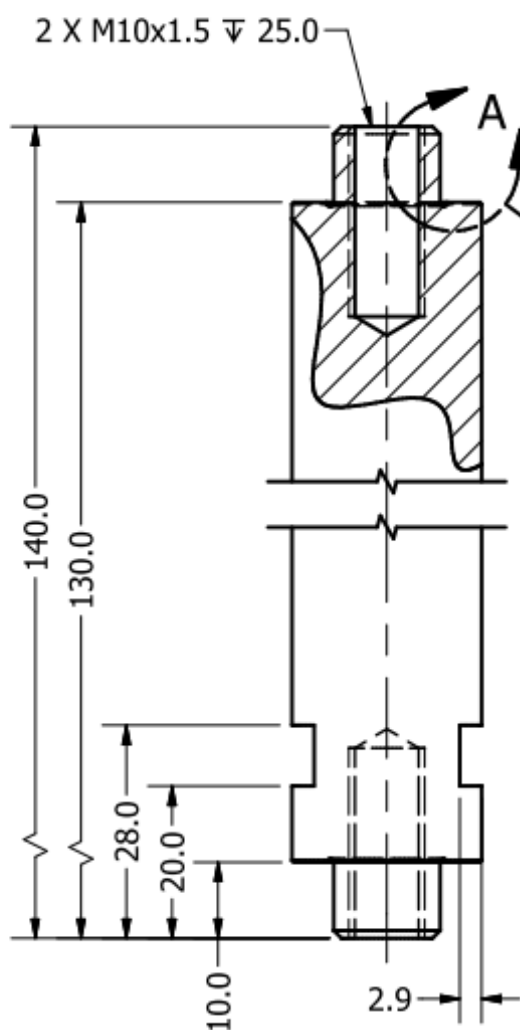
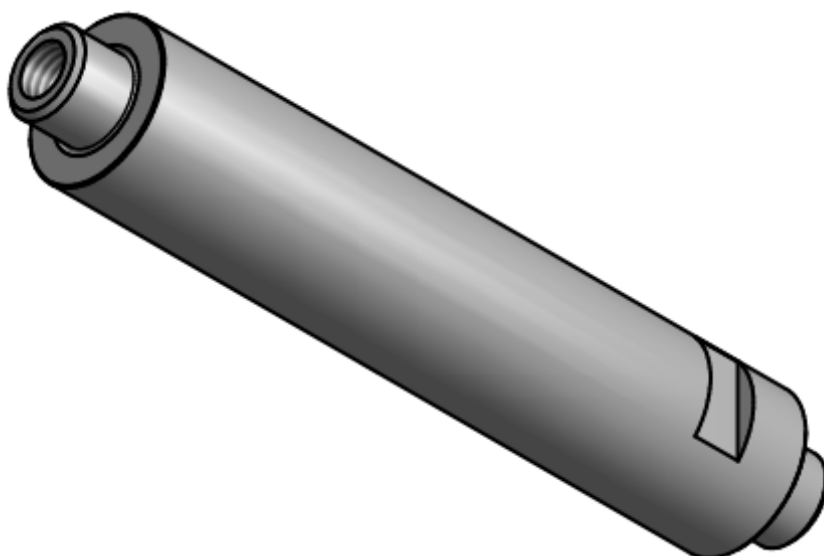
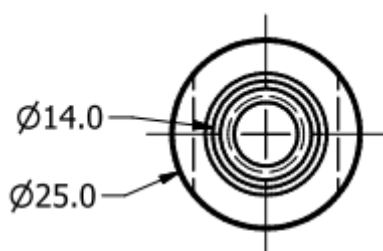
**mm [pol]**

ESCALA:

**1:5**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiarios\LUCAS\TCC\Bancada\Tampa.ipt

## **Apêndice C – Desenhos das Colunas**



DETALHE A  
ESCALA 5 : 1

**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**COLUNA INFERIOR**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**AÇO SAE 1045**

QUANTIDADE:

**8**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**5/5/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**1 / 3**

DIMENSÕES:

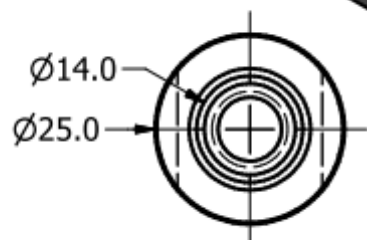
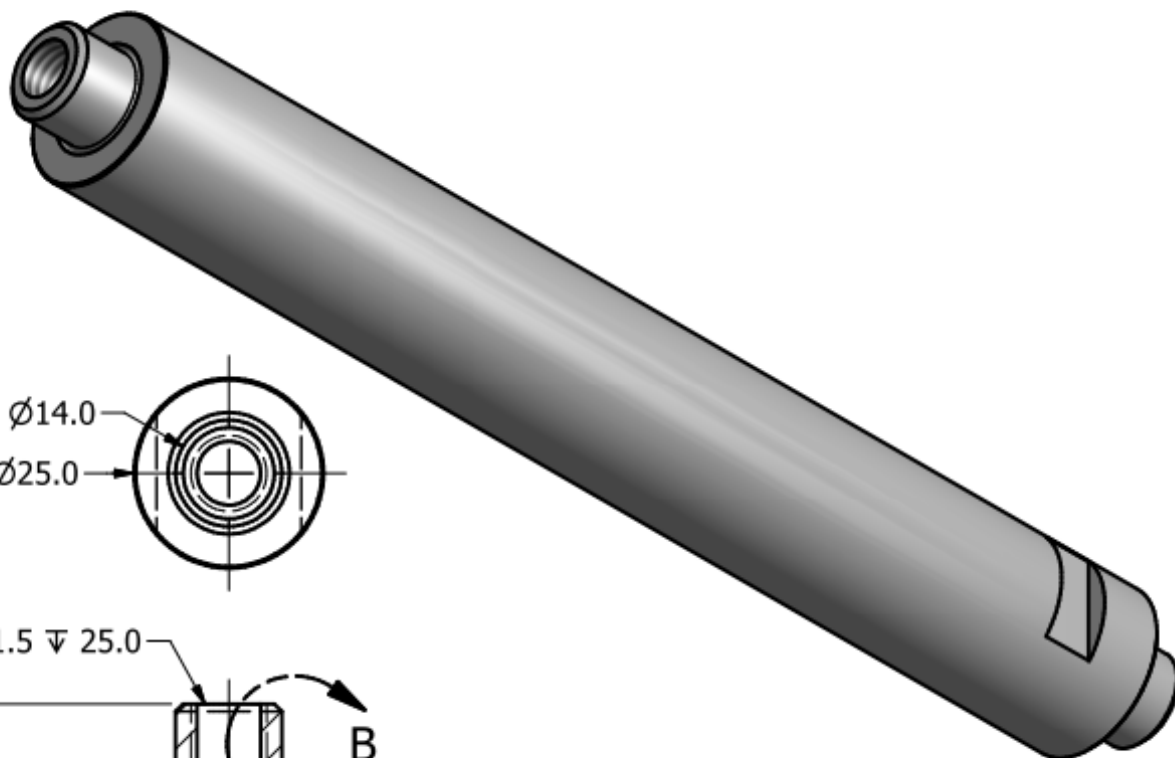
**mm [pol]**

ESCALA:

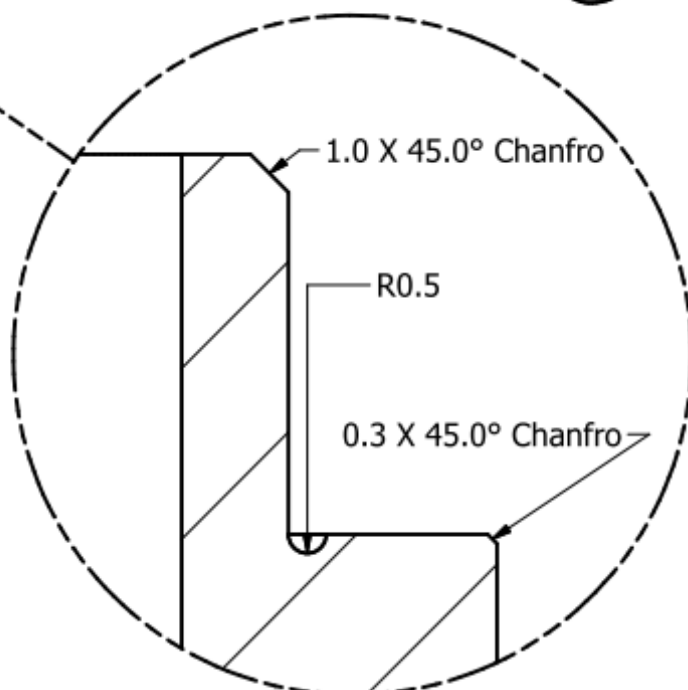
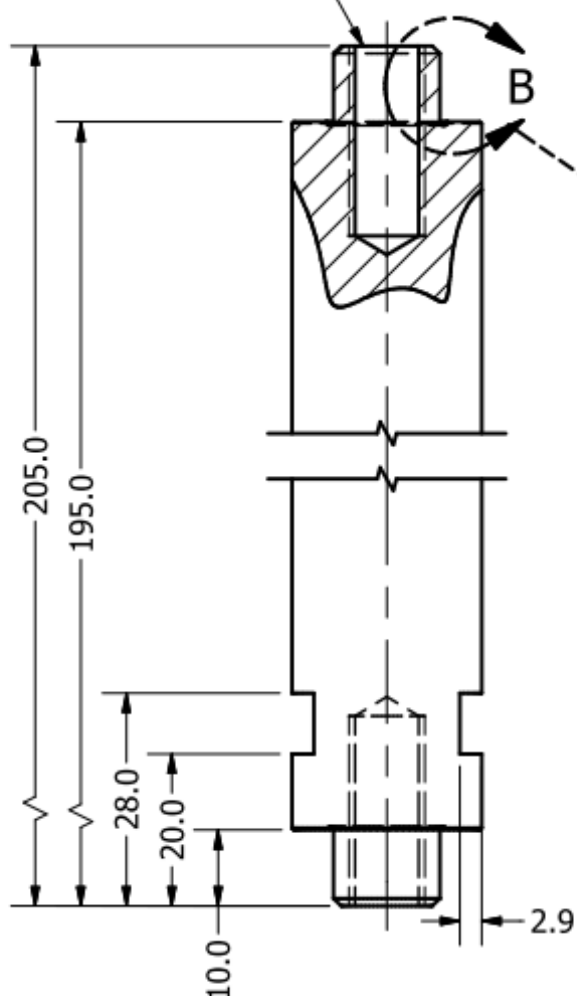
**1:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Colunas\Coluna Inferior.ipt



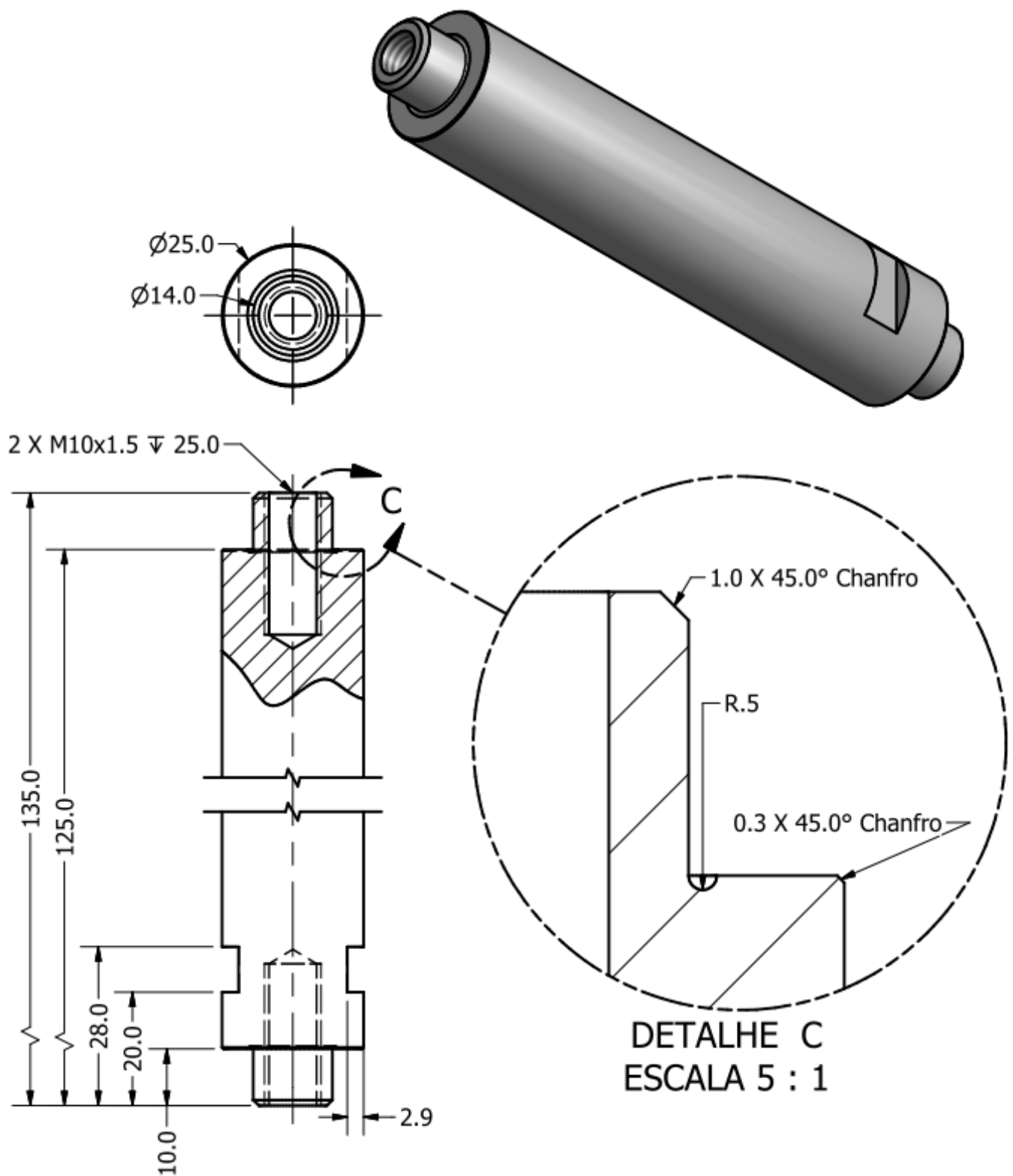


2 X M10x1.5  $\nabla$  25.0



DETALHE B  
ESCALA 5 : 1

<b>CERAUTO</b> Automotive Sensor Technologies		TÍTULO: <b>COLUNA MÉDIA</b>		
PROJETO: PRENSA ISOLADOR		MATERIAL: AÇO SAE 1045		QUANTIDADE: 8
DESENHADO POR: Lucas	DATA: 5/5/2011	CHECADO POR:	DATA:	TAM. FOLHA: A4
OBS.:		FOLHA: 2 / 3	DIMENSÕES: mm [pol]	ESCALA: 1:1
ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Colunas\Coluna Media.ipt				



**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**COLUNA SUPERIOR**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**AÇO SAE 1045**

QUANTIDADE:

**8**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**5/5/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**3 / 3**

DIMENSÕES:

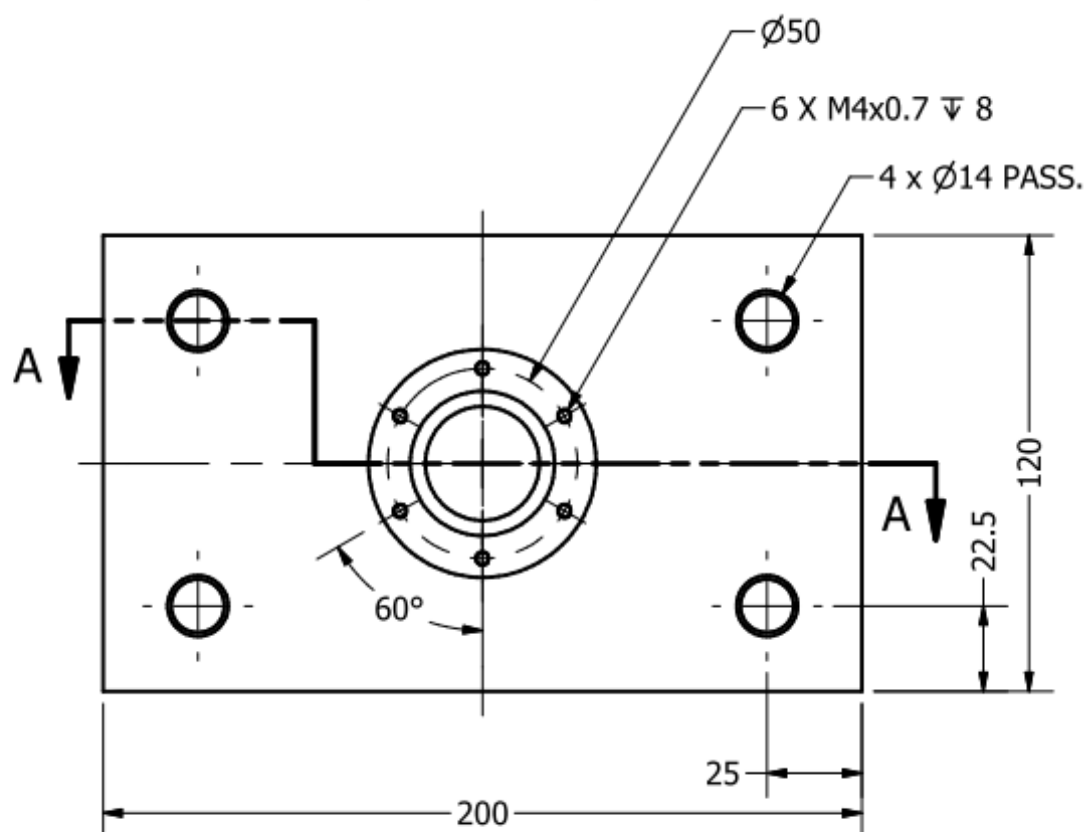
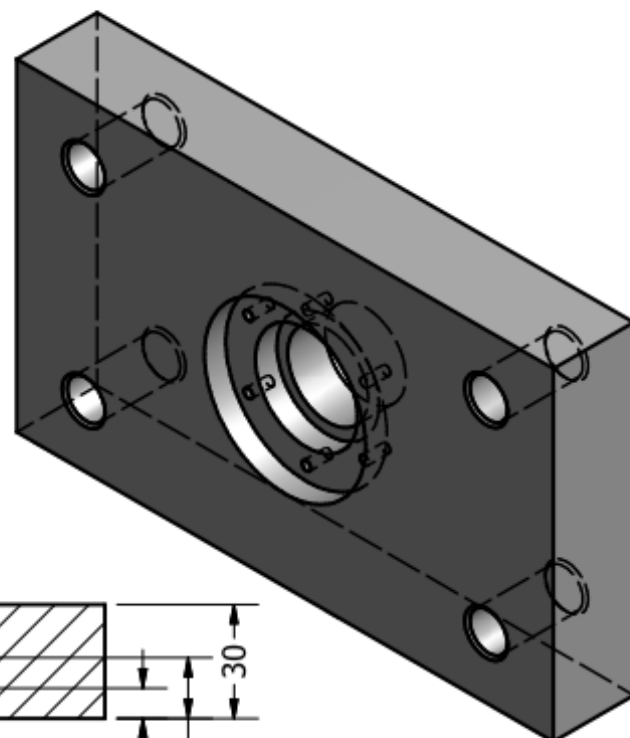
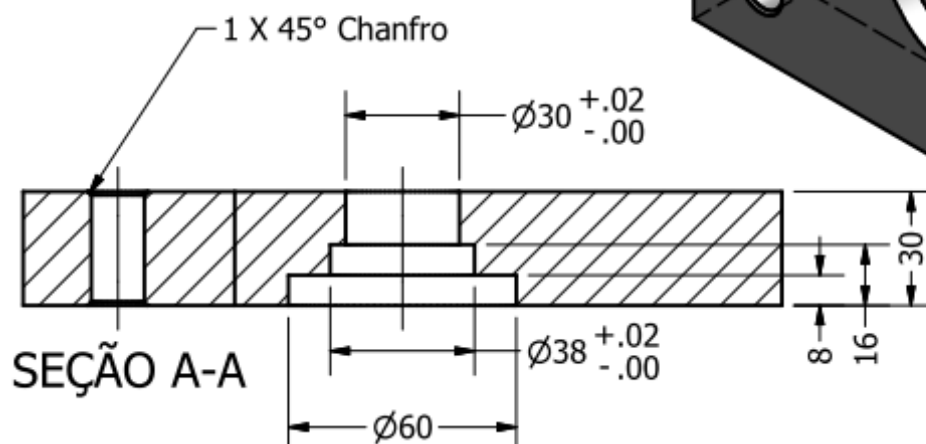
**mm [pol]**

ESCALA:

**1:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Colunas\Coluna Superior.ipt

## **Apêndice D – Desenhos das Mesas**



TÍTULO:

MESA CENTRAL

PROJETO:

PRENSA ISOLADOR

MATERIAL:

AÇO SAE 1045

QUANTIDADE:

2

DESENHADO POR:

Lucas

DATA:

8/6/2011

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

A4

OBS.:

Chanfrar os dois lados dos 4 furos de diâmetro 14

FOLHA:

1 / 5

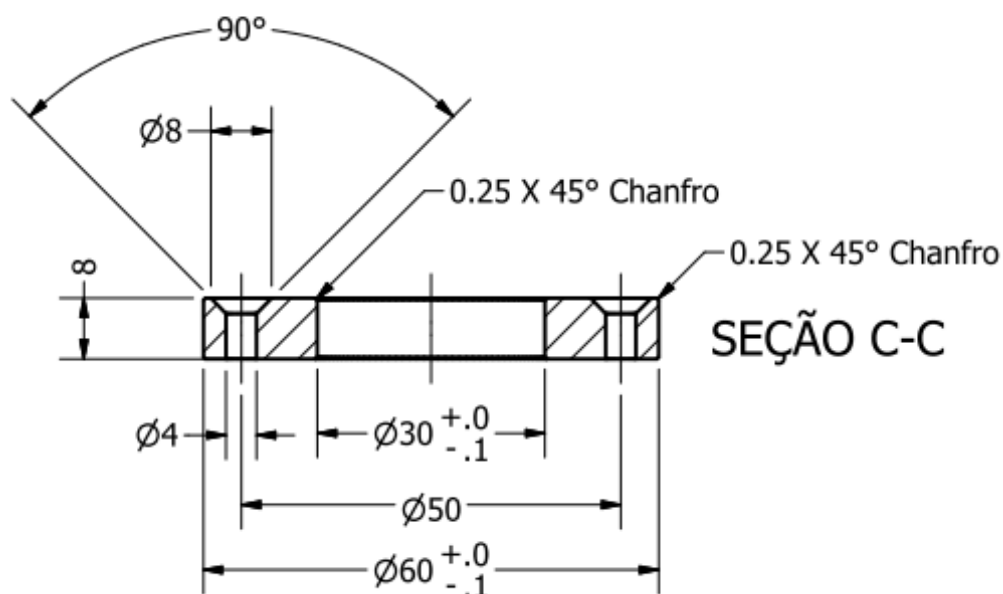
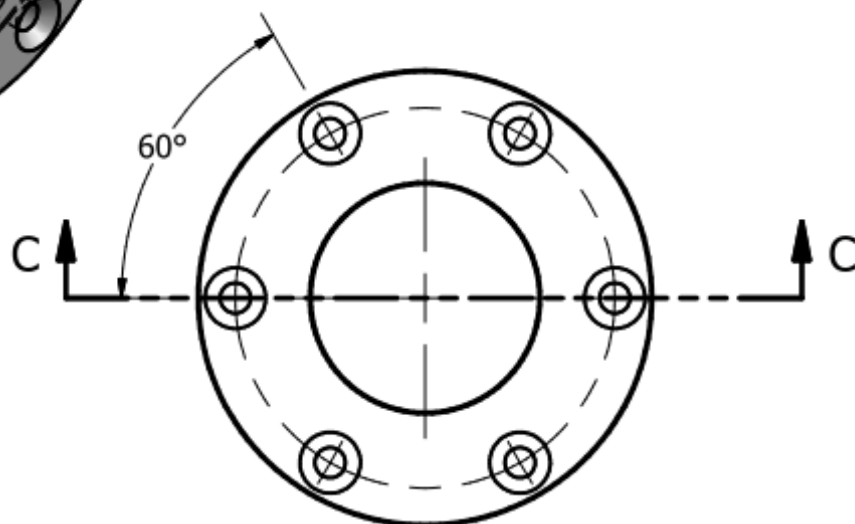
DIMENSÕES:

mm [pol]

ESCALA:

1:2

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Mesas\Mesa Central.ipt



**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**SUPORTE DA CAMISA**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**AÇO SAE 1045**

QUANTIDADE:

**2**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**8/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

**Chanfrar dos dois lados da peça**

FOLHA:

**2 / 5**

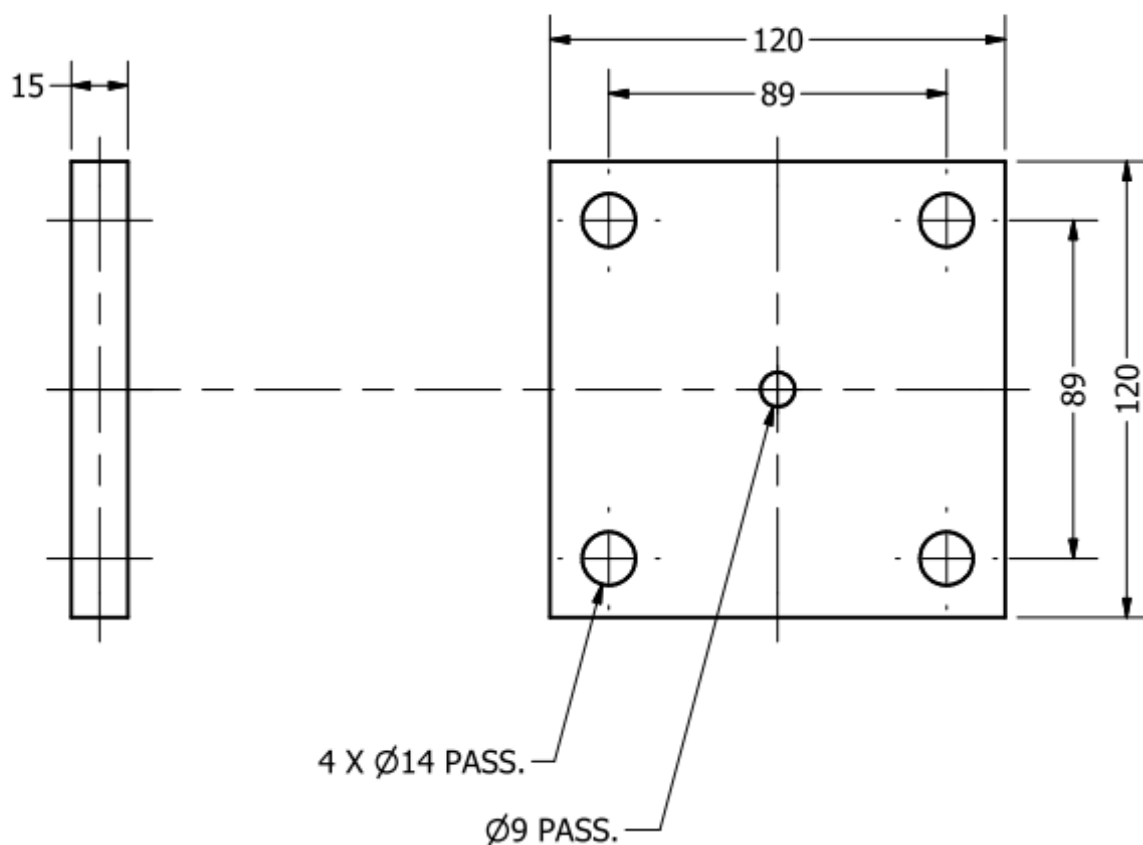
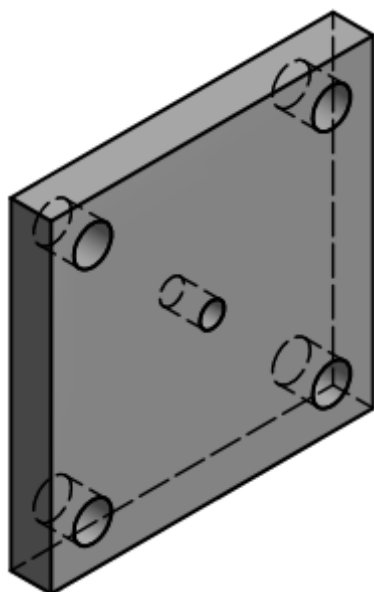
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

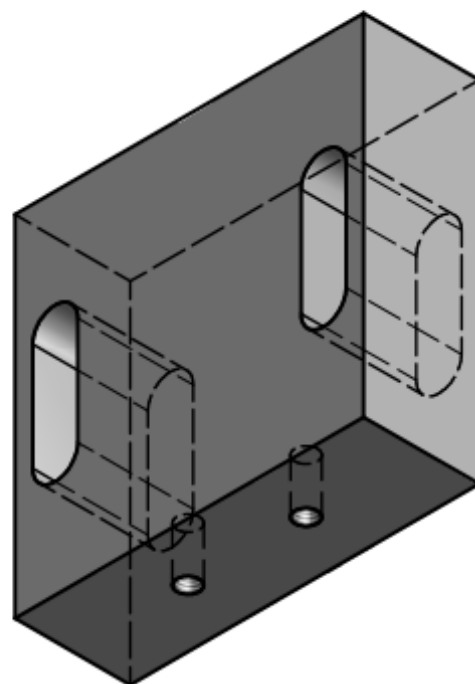
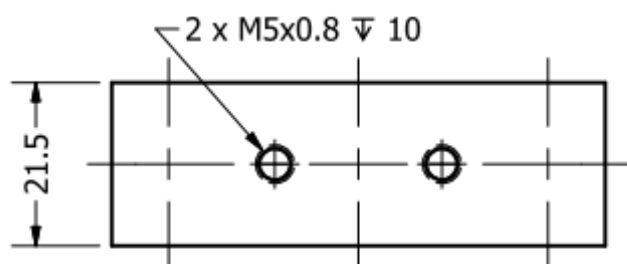
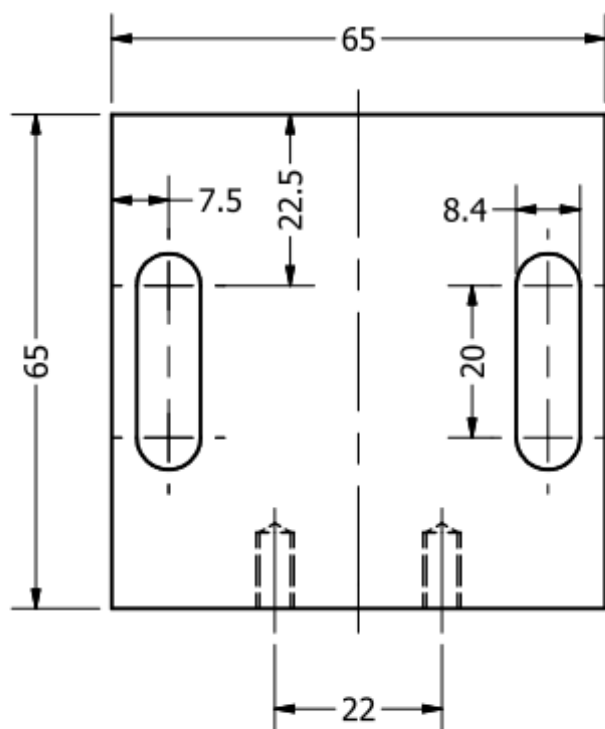
ESCALA:

**1:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Mesas\Suporte Camisa.ipt



<b>CERAUTO</b> <i>Automotive Sensor Technologies</i>		TÍTULO: <b>MESA INFERIOR</b>		
PROJETO: <b>PRENSA ISOLADOR</b>		MATERIAL: <b>AÇO SAE 1045</b>		QUANTIDADE: <b>2</b>
DESENHADO POR: <b>Lucas</b>	DATA: <b>8/6/2011</b>	CHECADO POR:	DATA:	TAM. FOLHA: <b>A4</b>
OBS.:		FOLHA: <b>3 / 5</b>	DIMENSÕES: <b>mm [pol]</b>	ESCALA: <b>1:2</b>
ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Mesas\Mesa Inferior.ipt				



TÍTULO:

**SUORTE REMOÇÃO**

PROJETO:  
**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:  
**ALUMÍNIO**

QUANTIDADE:  
**2**

DESENHADO POR:  
**Lucas**

DATA:  
**6/9/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:  
**A4**

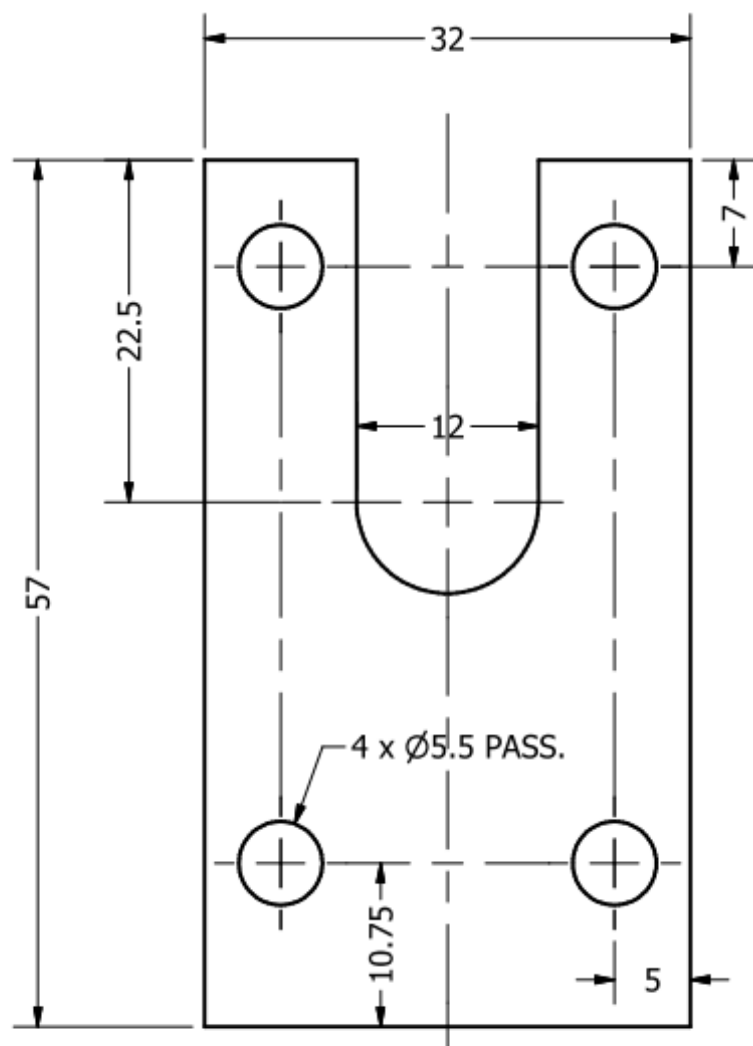
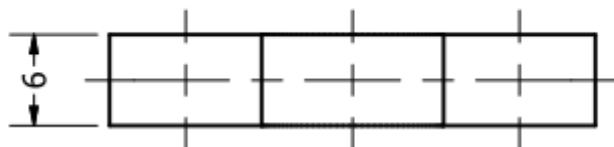
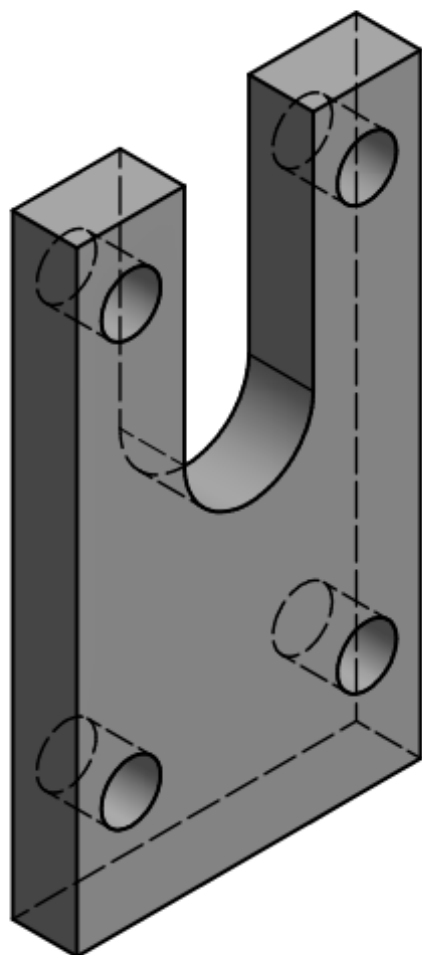
OBS.:

FOLHA:  
**4 / 5**

DIMENSÕES:  
**mm [pol]**

ESCALA:  
**1:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiarios\LUCAS\TCC\Mesas\Suporte Remoção.ipt



**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**FLANGE REMOÇÃO**

PROJETO:  
PRENSA ISOLADOR

MATERIAL:  
ALUMÍNIO

QUANTIDADE:  
2

DESENHADO POR:  
Lucas

DATA:  
6/9/2011

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:  
A4

OBS.:

FOLHA:  
5 / 5

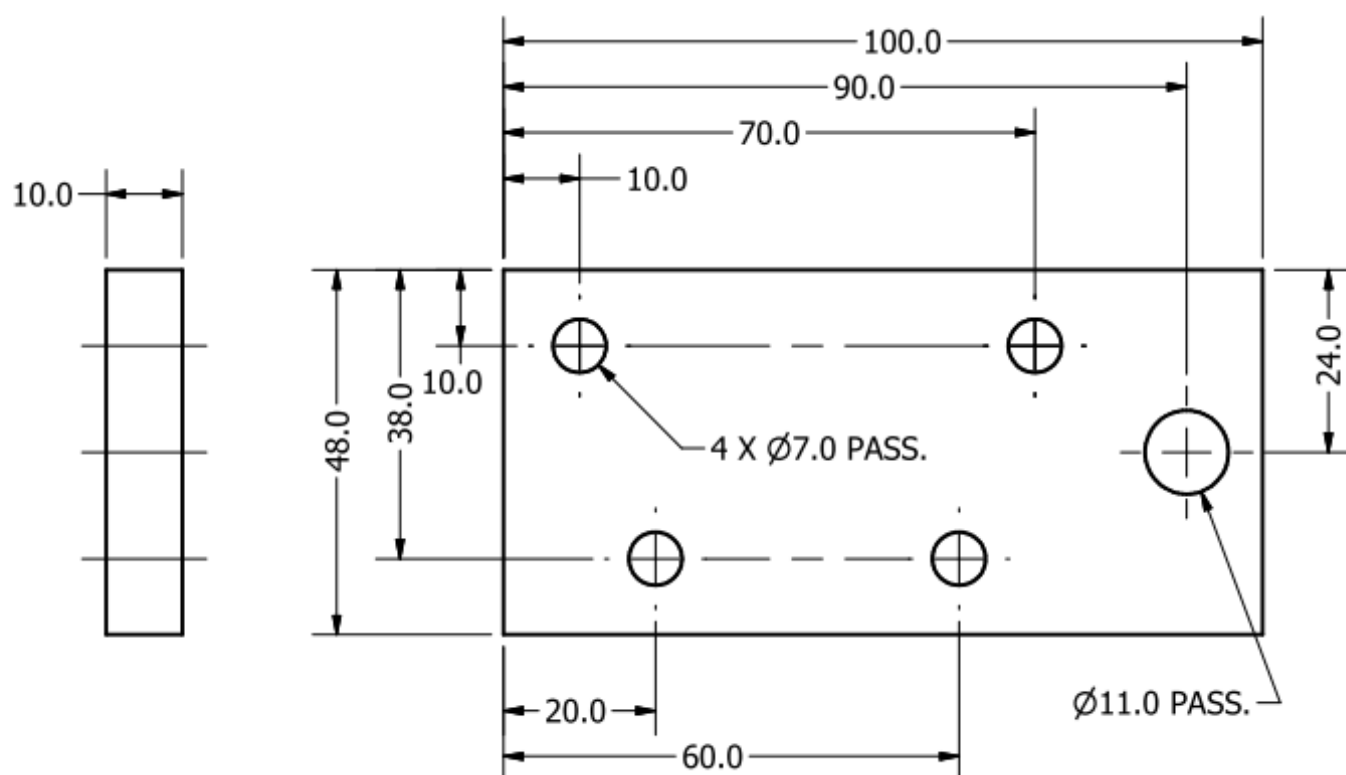
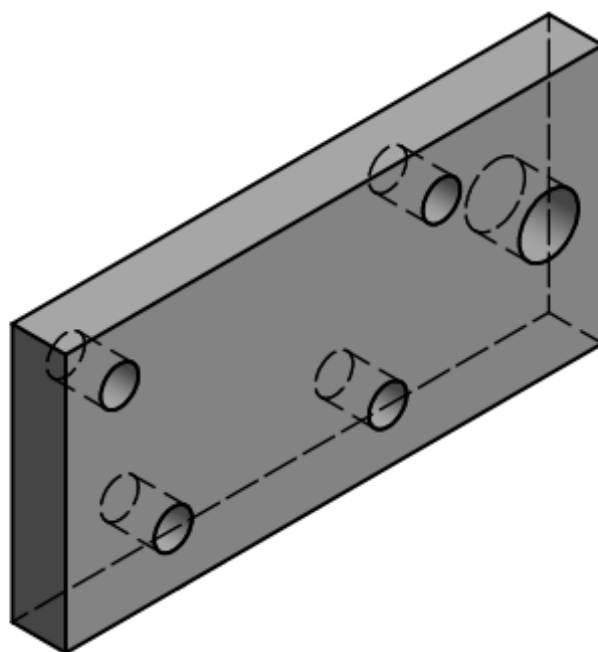
DIMENSÕES:  
mm [pol]

ESCALA:  
2:1

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiarios\LUCAS\TCC\Mesas\Flange Remoção.ipt



## **Apêndice E – Desenhos do Dosador**



TÍTULO:

**BASE DO DOSADOR**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**Alumínio**

QUANTIDADE:

**2**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**4/5/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**1 / 7**

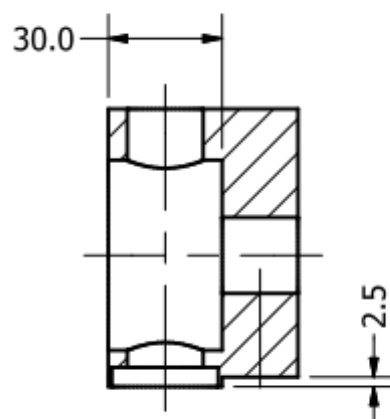
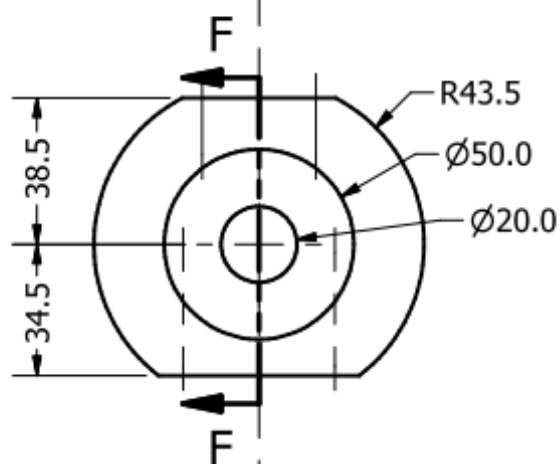
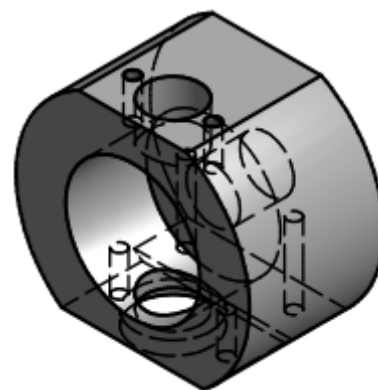
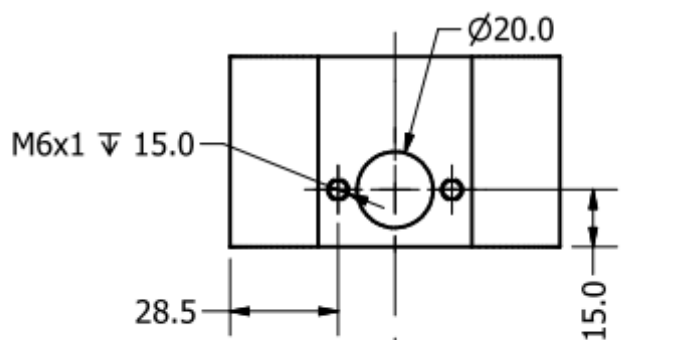
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

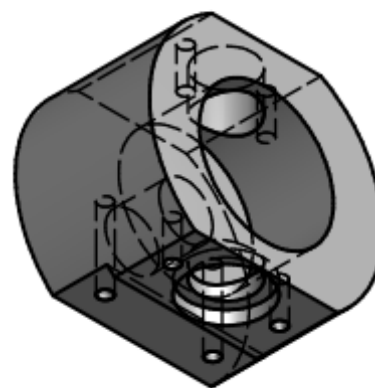
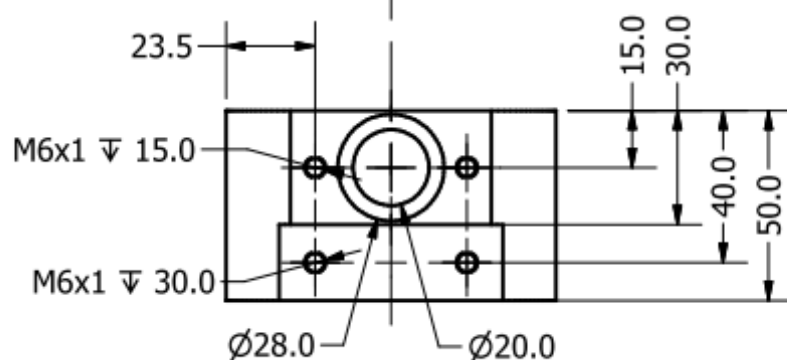
ESCALA:

**1:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Dosador\Base.ipt



SEÇÃO F-F



TÍTULO:

**CORPO DO DOSADOR**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**Poliacetel**

QUANTIDADE:

**2**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**4/5/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**2 / 7**

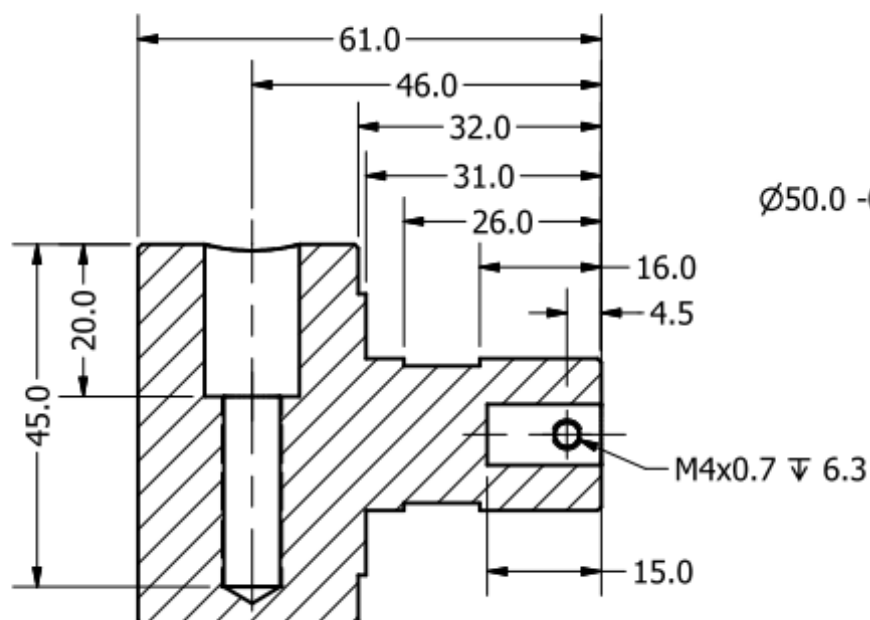
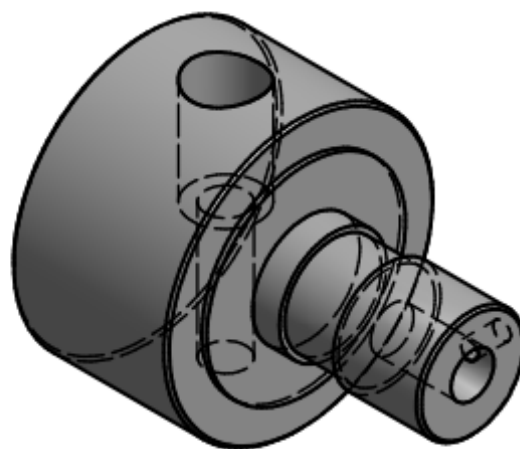
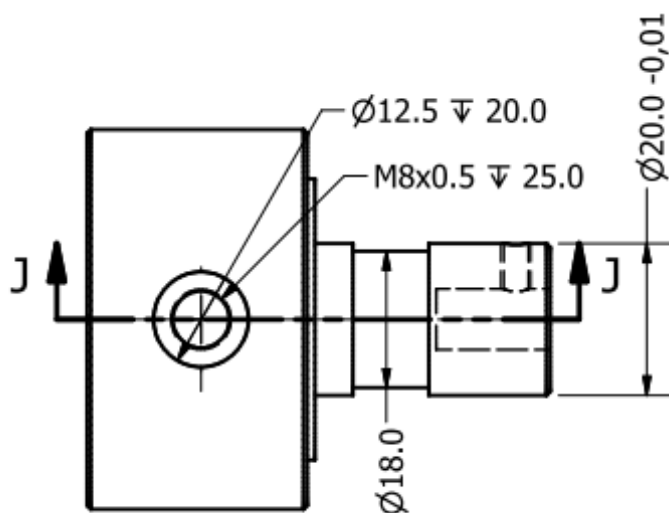
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

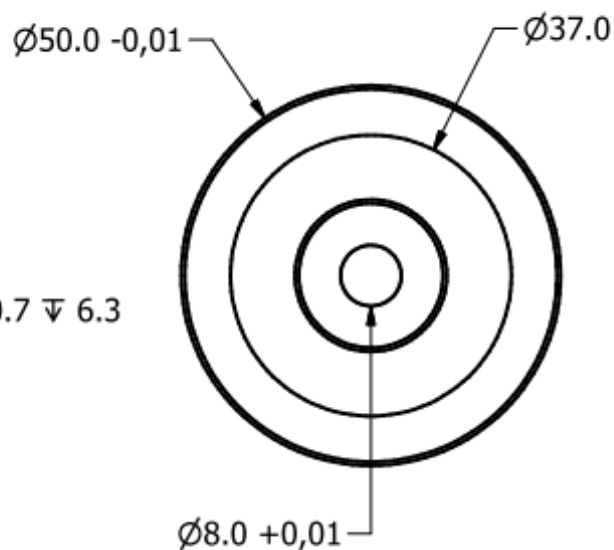
ESCALA:

**1:2**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Dosador\Corpo.ipt



SEÇÃO J-J



TÍTULO:

EIXO DO DOSADOR

PROJETO:

PRENSA ISOLADOR

MATERIAL:

Aço Inox

QUANTIDADE:

2

DESENHADO POR:

Lucas

DATA:

4/5/2011

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

A4

OBS.:

Chanfros 0.5mm 45°

FOLHA:

3 / 7

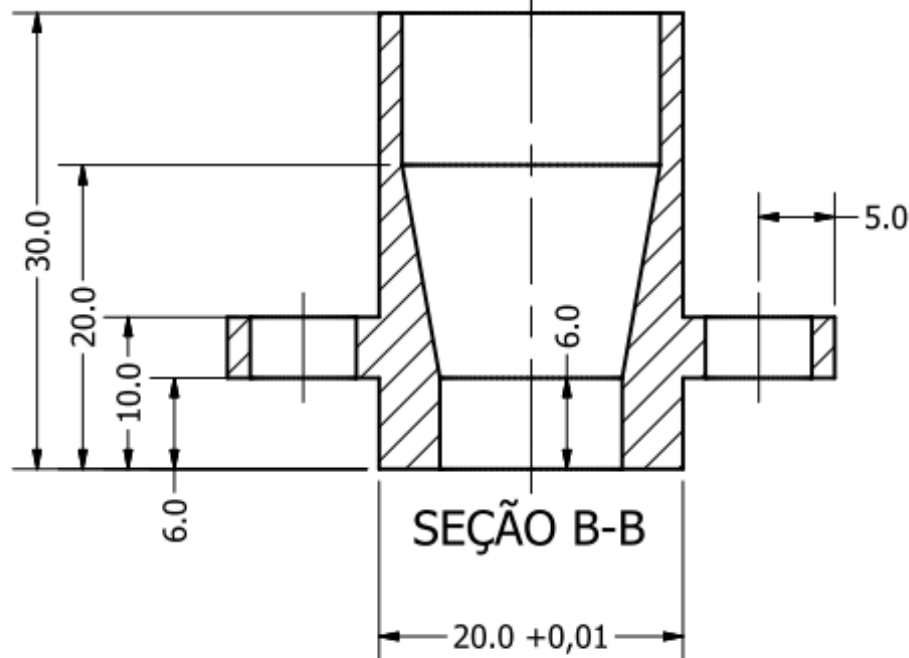
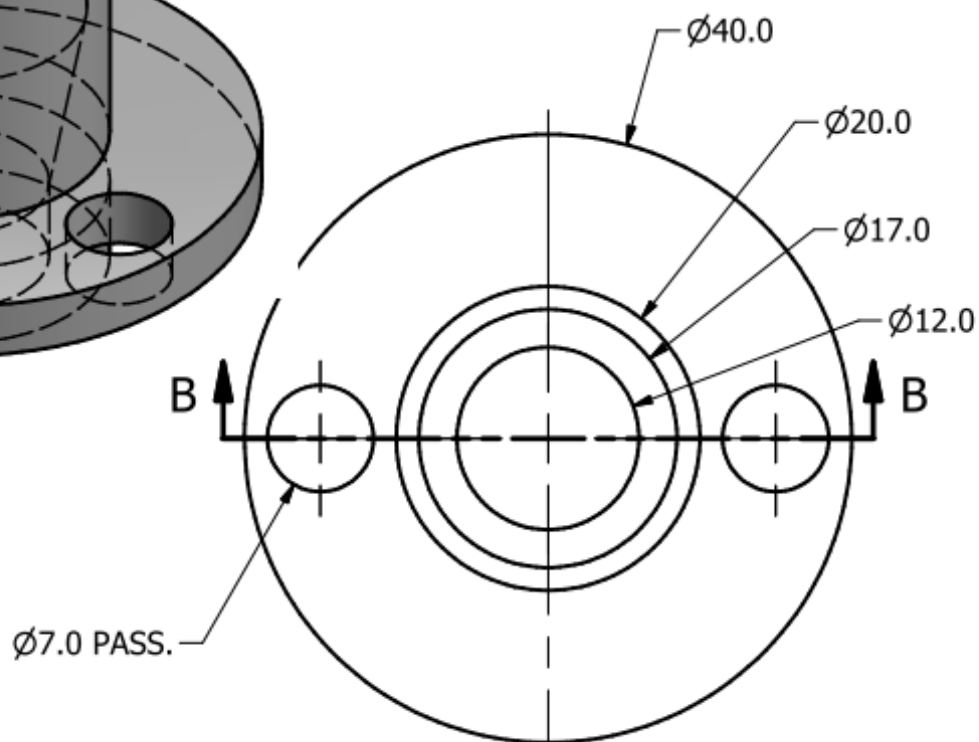
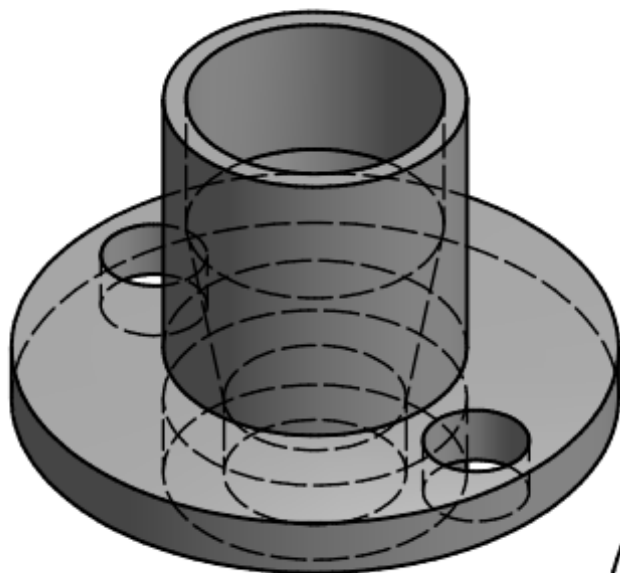
DIMENSÕES:

mm [pol]

ESCALA:

1:1

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Dosador\Eixo.ipt



TÍTULO:

**FUNIL DOSADOR**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**Alumínio**

QUANTIDADE:

**2**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**4/5/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**4 / 7**

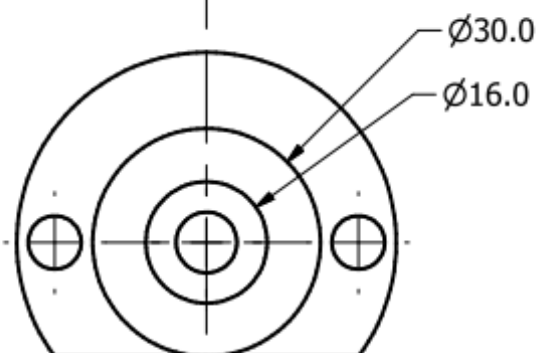
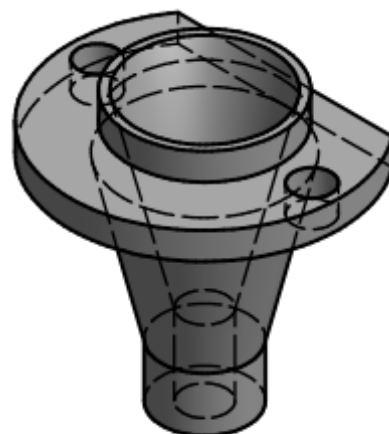
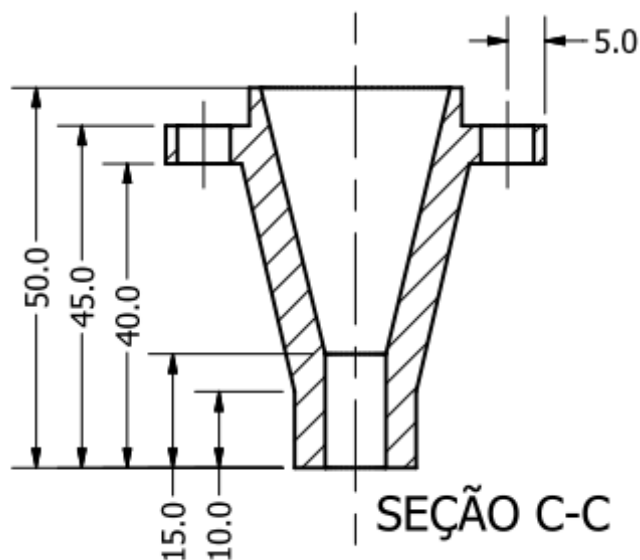
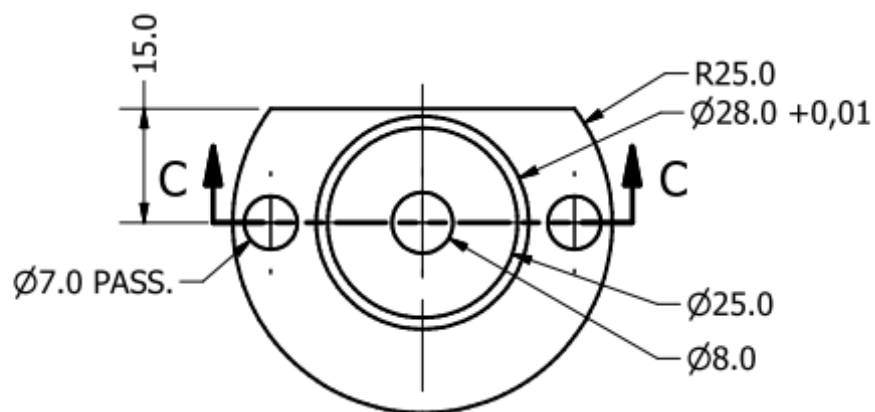
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

ESCALA:

**2:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Dosador\Funil.ipt



TÍTULO:

**FUNIL SAÍDA DOSADOR**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**Alumínio**

QUANTIDADE:

**2**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**4/5/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**5 / 7**

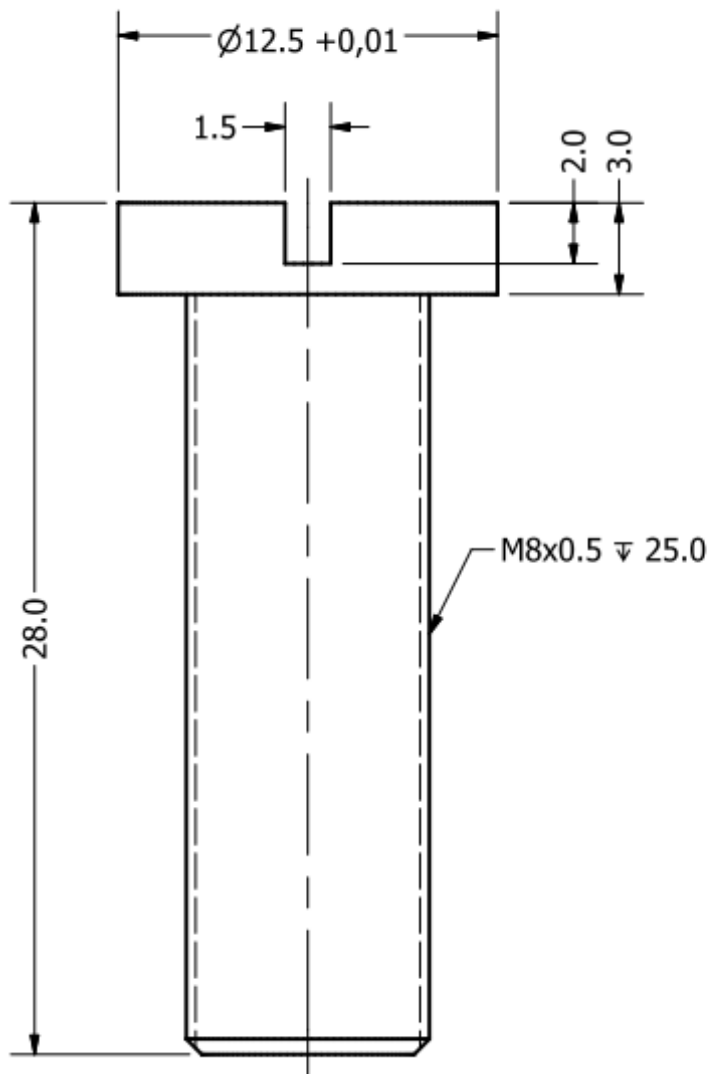
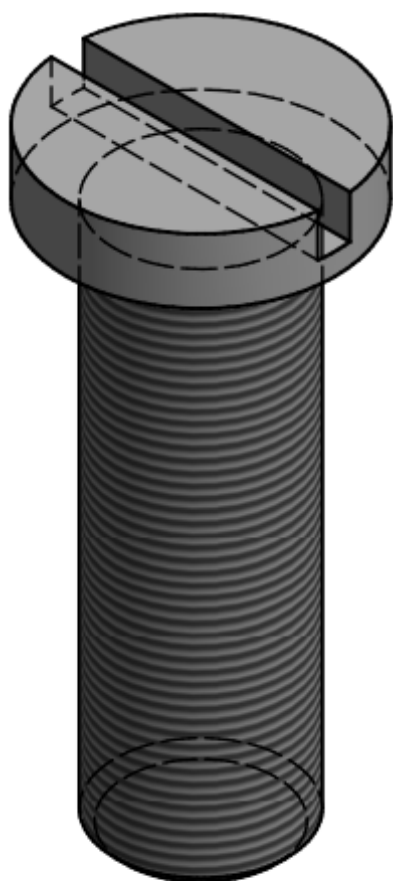
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

ESCALA:

**1:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiarios\LUCAS\TCC\Dosador\Funil saída.lpt



**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**PARAFUSO DOSADOR**

PROJETO:  
PRENSA ISOLADOR

MATERIAL:  
Latão

QUANTIDADE:  
2

DESENHADO POR:  
Lucas

DATA:  
4/5/2011

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:  
A4

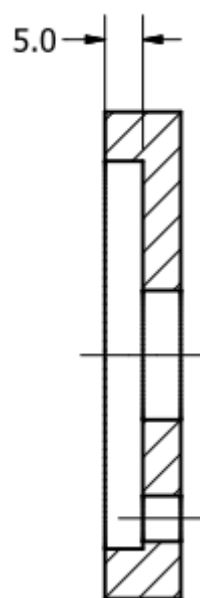
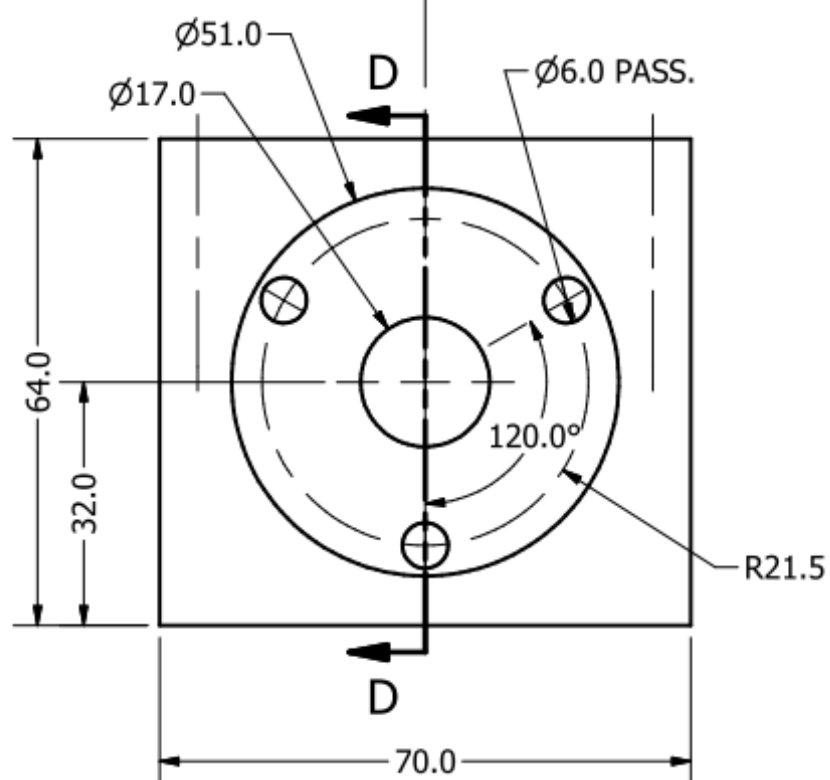
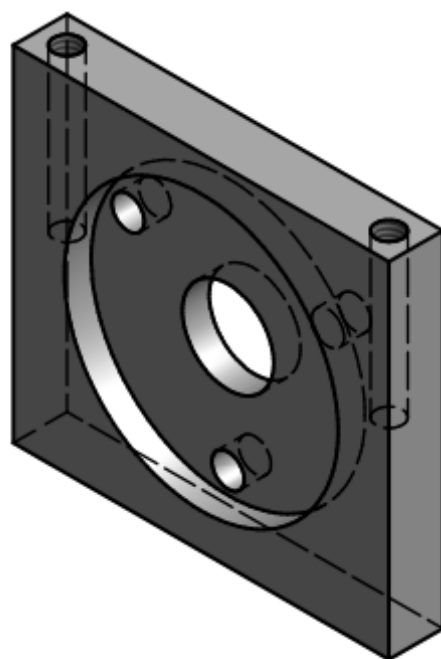
OBS.:

FOLHA:  
6 / 7

DIMENSÕES:  
mm [pol]

ESCALA:  
4:1

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Dosador\Parafuso Ajuste.ipt

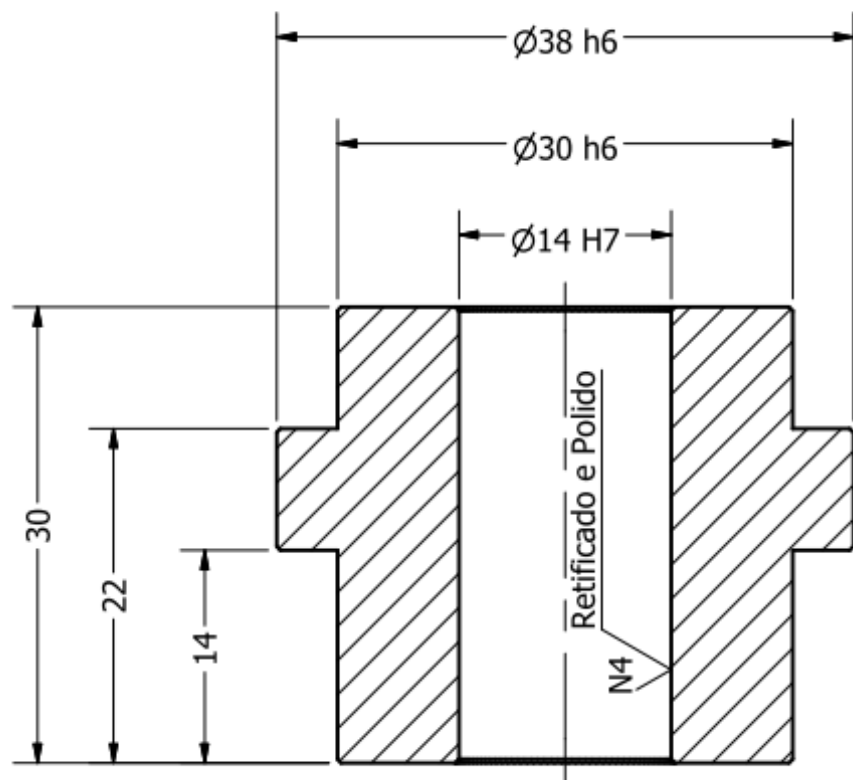


SEÇÃO D-D

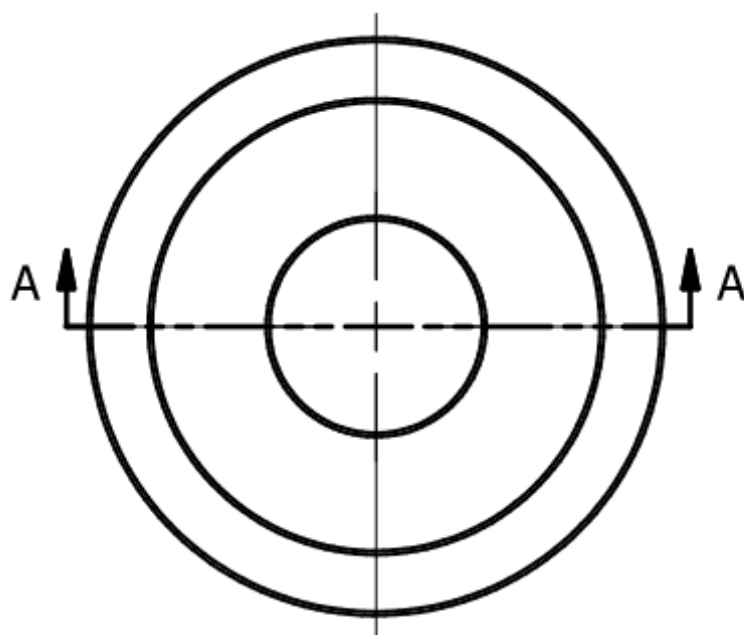
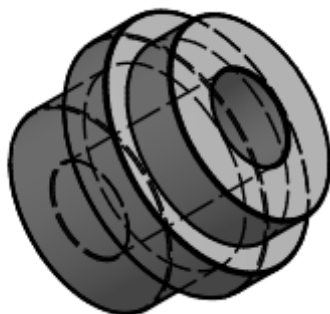
		TÍTULO: <b>FLANGE DO ATUADOR</b>			
PROJETO: <b>PRENSA ISOLADOR</b>		MATERIAL: <b>Alumínio</b>		QUANTIDADE: <b>2</b>	
DESENHADO POR: <b>Lucas</b>	DATA: <b>6/5/2011</b>	CHECADO POR:	DATA:	TAM. FOLHA: <b>A4</b>	
OBS.:			FOLHA: <b>7 / 7</b>	DIMENSÕES: <b>mm [pol]</b>	ESCALA: <b>1:1</b>
ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiarios\LUCAS\TCC\Dosador\Flange Atuador.ip					



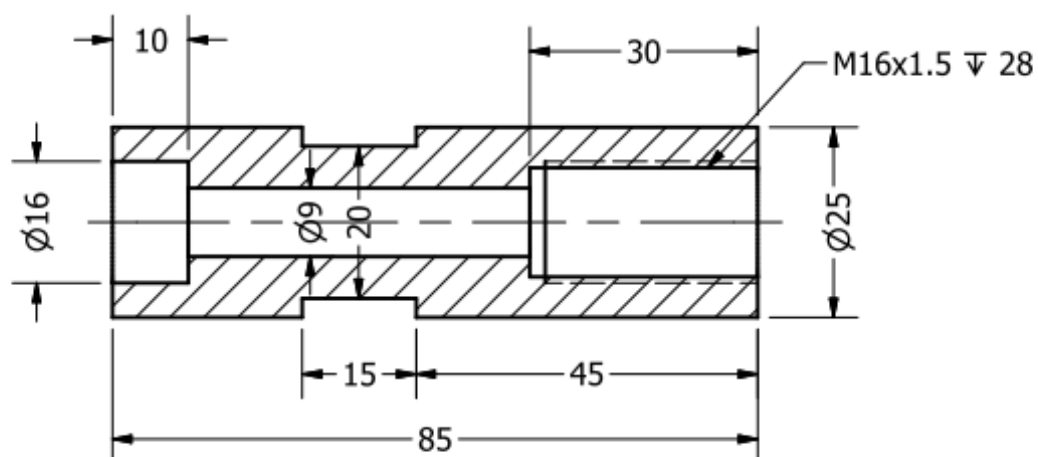
## **Apêndice F – Desenhos das Ferramentas**



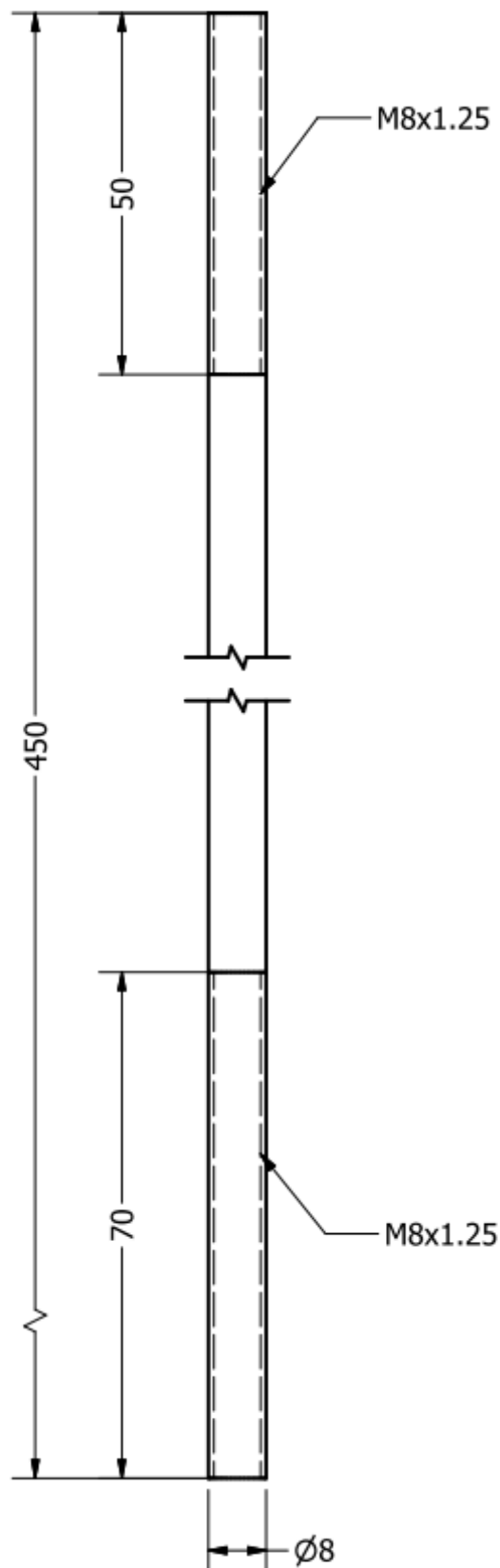
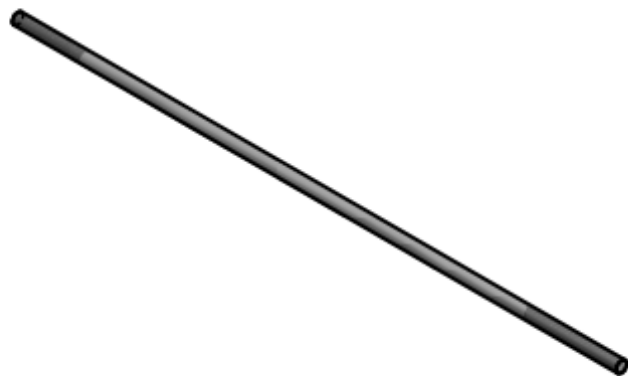
SEÇÃO A-A



<b>CERAUTO</b> <i>Automotive Sensor Technologies</i>		TÍTULO: <b>CAMISA</b>		
PROJETO: <b>PRENSA ISOLADOR</b>		MATERIAL: <b>VC 131 Temperado</b>		QUANTIDADE: <b>2</b>
DESENHADO POR: <b>Lucas</b>	DATA: <b>5/5/2011</b>	CHECADO POR:	DATA:	TAM. FOLHA: <b>A4</b>
OBS.: <b>Chanfros: 0.25mm 45°</b>		FOLHA: <b>1 / 17</b>	DIMENSÕES: <b>mm [pol]</b>	ESCALA: <b>2:1</b>
ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Camisa.ipt				



		TÍTULO: <h1>LIMITADOR</h1>			
PROJETO: PRENSA ISOLADOR		MATERIAL: AÇO SAE 1045		QUANTIDADE: 2	
DESENHADO POR: Lucas	DATA: 16/6/2011	CHECADO POR:		DATA:	TAM. FOLHA: A4
OBS.:			FOLHA: 2 / 17	DIMENSÕES: mm [pol]	ESCALA: 1:1
ENDERECO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiarios\LUCAS\TCC\Ferramentas\Limitador.ipt					



TÍTULO:

**HASTE**

PROJETO:  
**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:  
**AÇO PRATA RETIFICADO**

QUANTIDADE:  
**2**

DESENHADO POR:  
**Lucas**

DATA:  
**8/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:  
**A4**

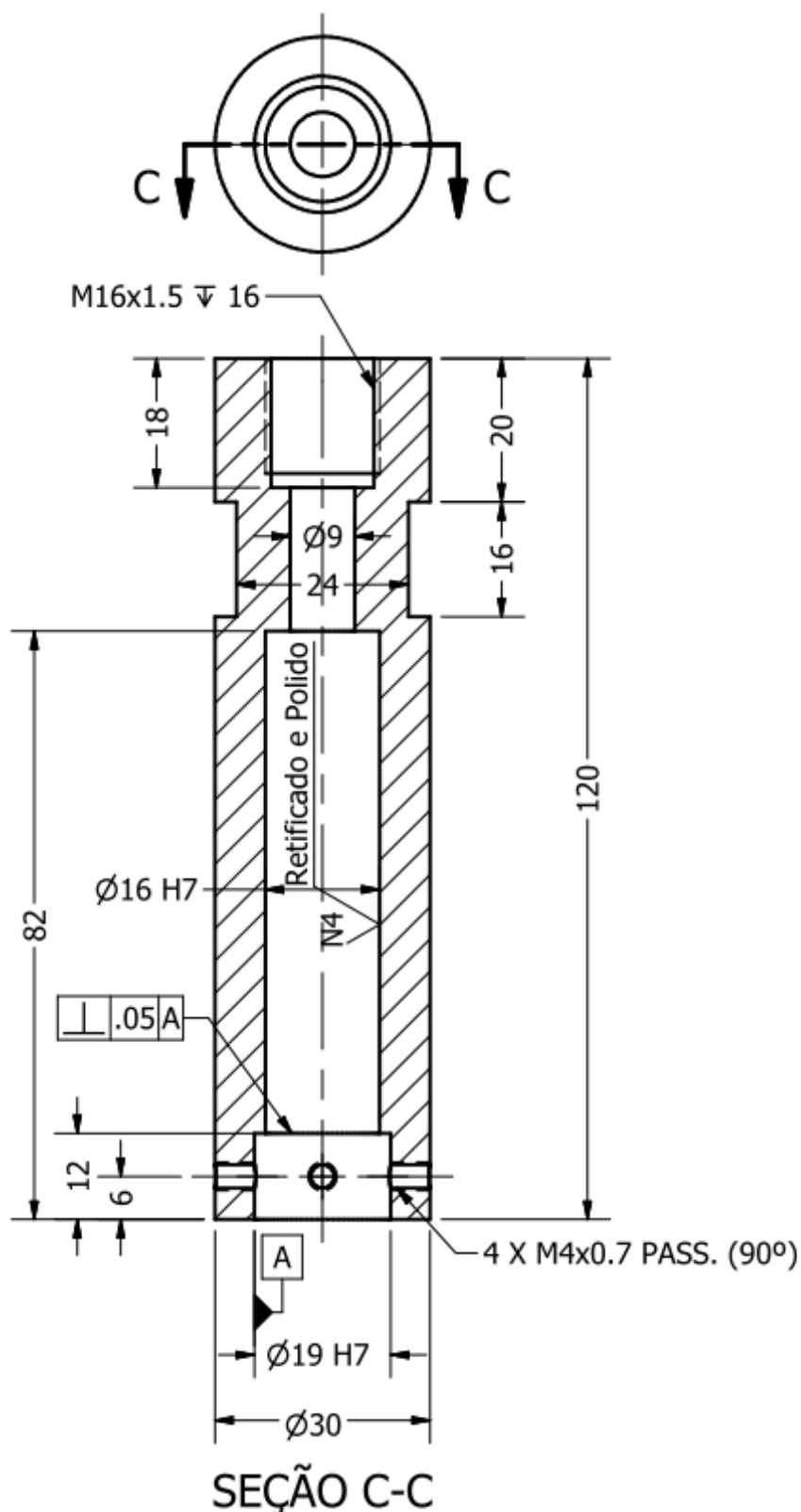
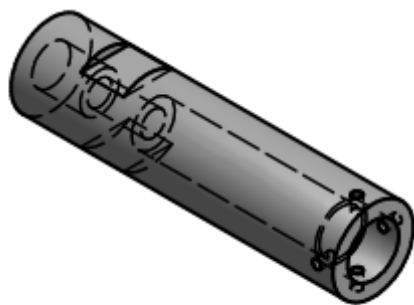
OBS.:

FOLHA:  
**3 / 17**

DIMENSÕES:  
**mm [pol]**

ESCALA:  
**1:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Haste.ipt



TÍTULO:

SUPORE FERR. INFERIOR

PROJETO:  
PRENSA ISOLADOR

MATERIAL:  
AÇO SAE 1045

QUANTIDADE:  
2

DESENHADO POR:  
Lucas

DATA:  
15/6/2011

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:  
A4

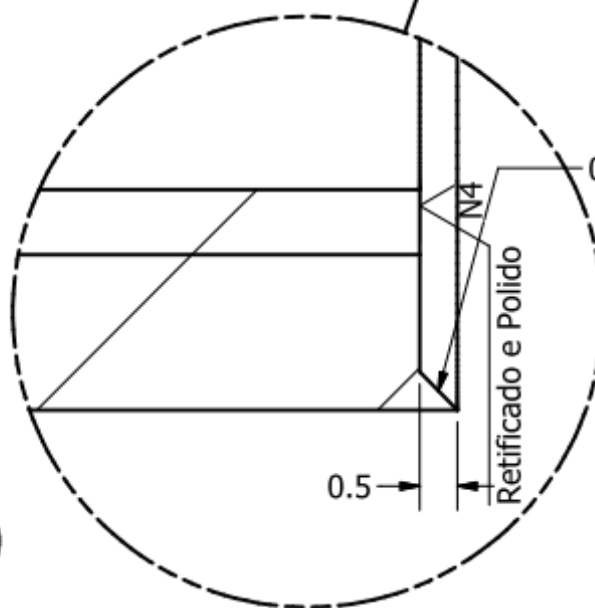
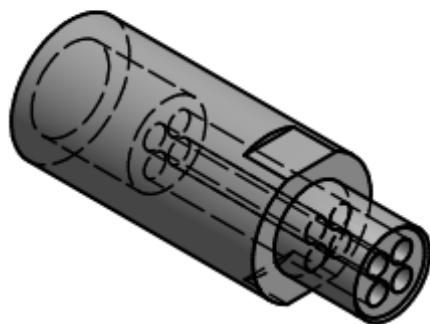
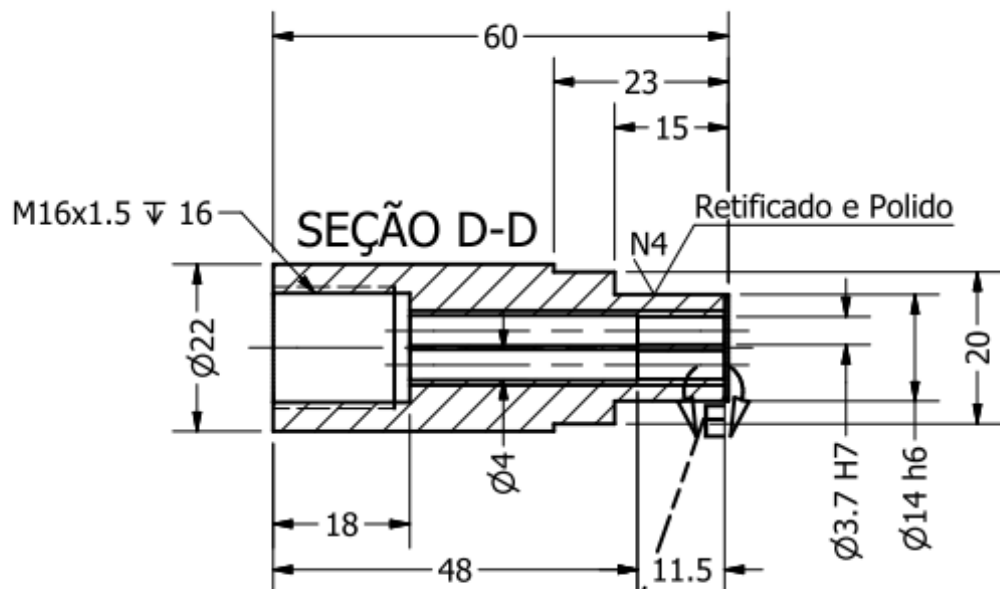
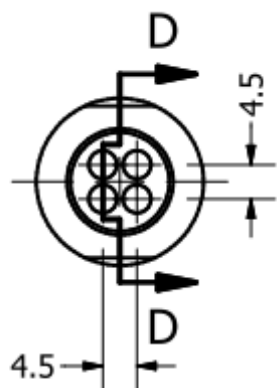
OBS.:

FOLHA:  
4 / 17

DIMENSÕES:  
mm [pol]

ESCALA:  
1:1

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Suporte ferr inf.ipt



DETALHE E  
ESCALA 10 : 1

**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**FERRAMENTA SUPERIOR 1**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**VC 131 Temperado**

QUANTIDADE:

**1**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**10/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**5 / 17**

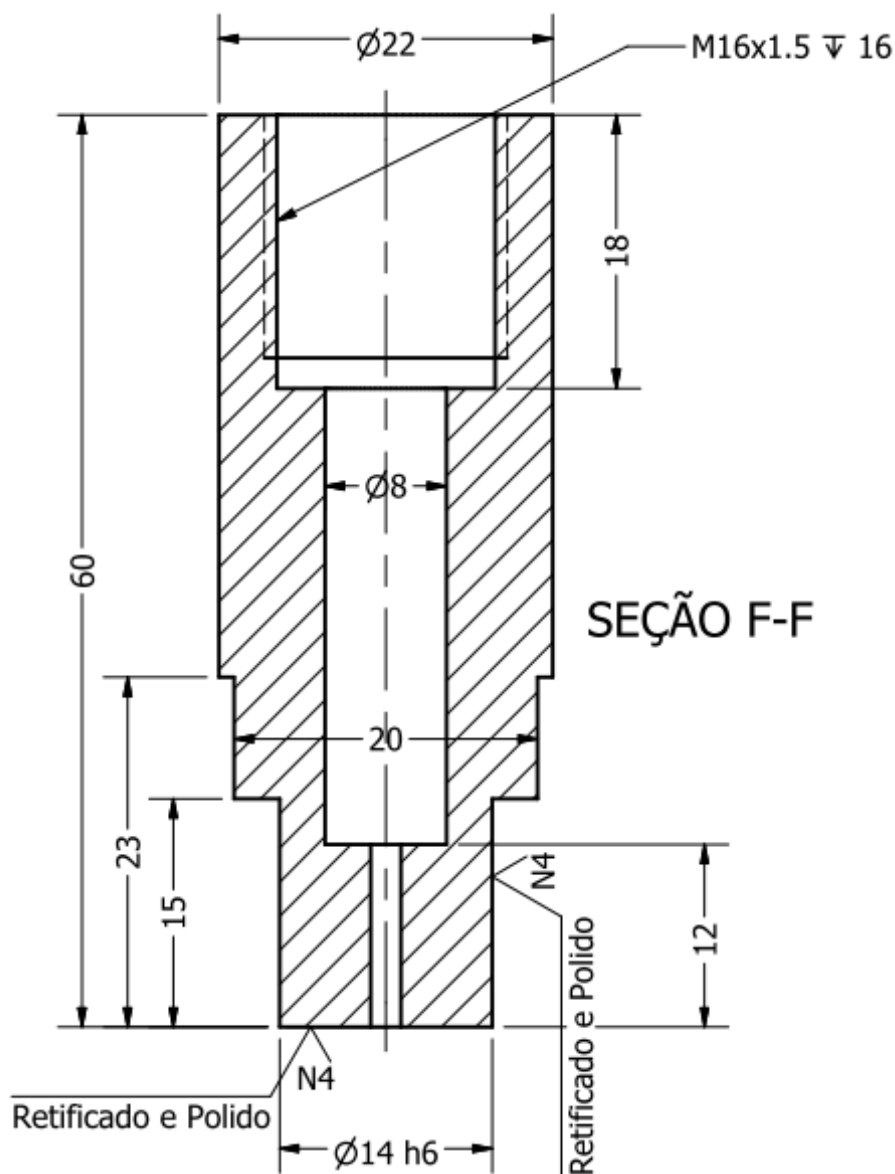
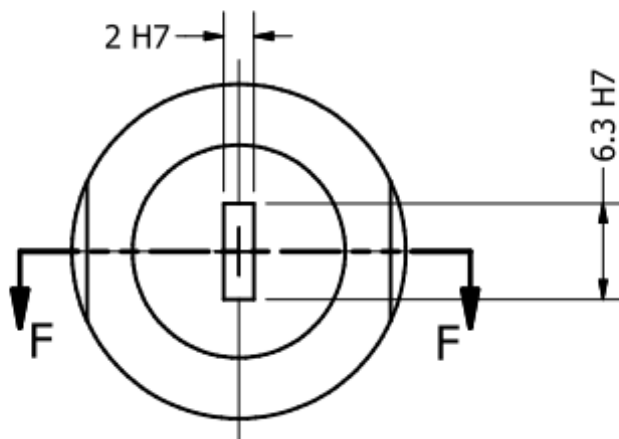
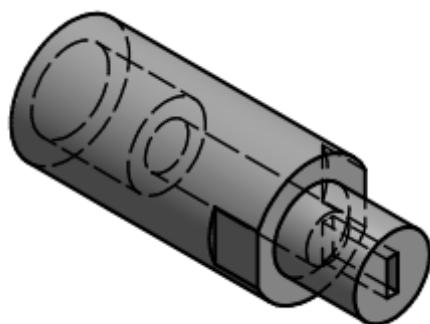
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

ESCALA:

**1:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Ferr sup 4f.ipt



TÍTULO:

**FERRAMENTA SUPERIOR 2**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**VC 131 Temperado**

QUANTIDADE:

**1**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**10/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**6 / 17**

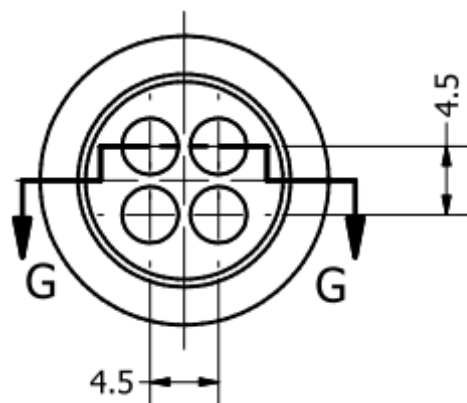
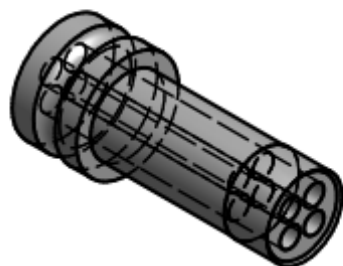
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

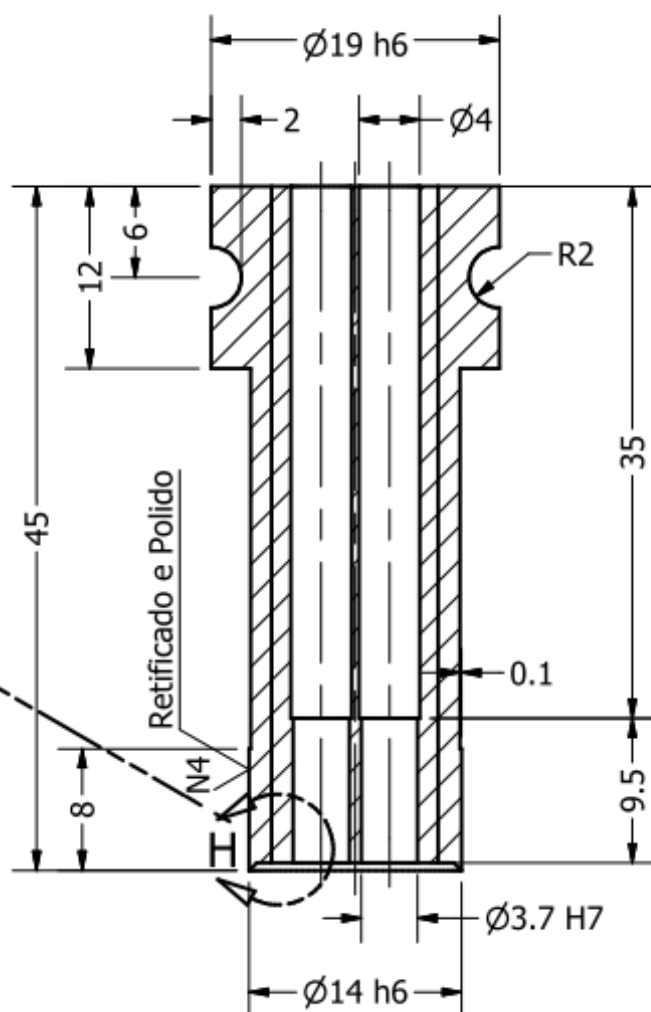
ESCALA:

**2:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Ferr sup gato.ipt



DETALHE H  
ESCALA 10 : 1



SEÇÃO G-G



TÍTULO:

FERRAMENTA INFERIOR 1

PROJETO:

PRENSA ISOLADOR

MATERIAL:

VC 131 Temperado

QUANTIDADE:

1

DESENHADO POR:

Lucas

DATA:

16/6/2011

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

A4

OBS.:

FOLHA:

7 / 17

DIMENSÕES:

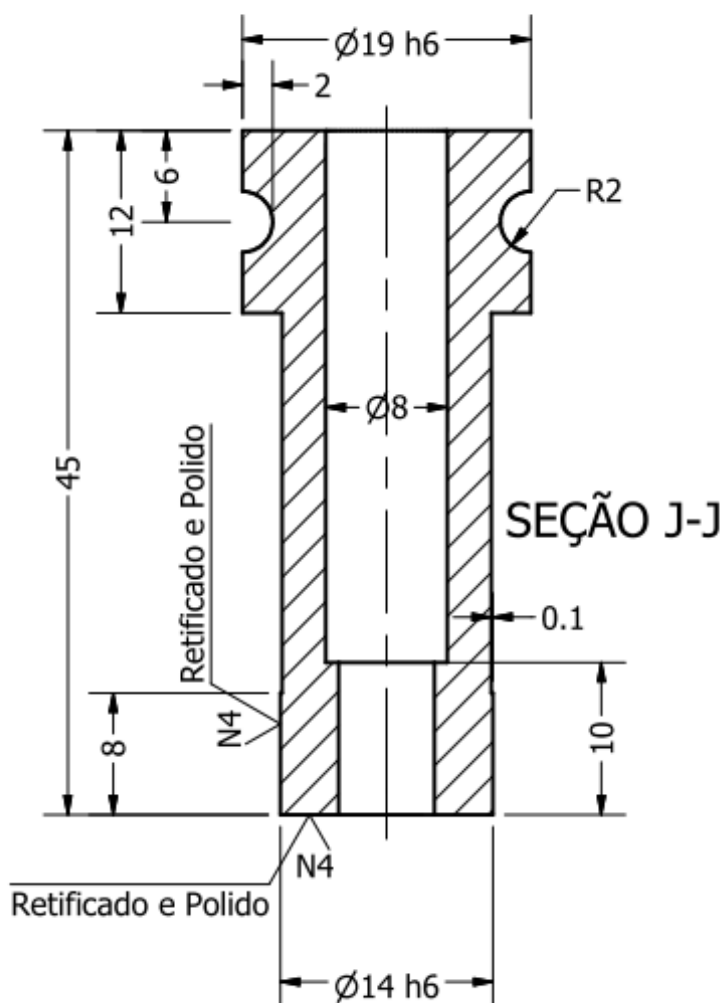
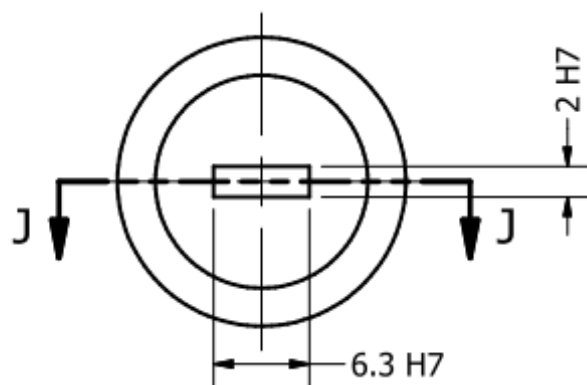
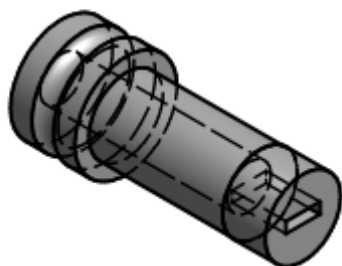
mm [pol]

ESCALA:

2:1

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Ferr inf 4f.ipt





TÍTULO:

**FERRAMENTA INFERIOR 2**

PROJETO:  
**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:  
**VC 131 Temperado**

QUANTIDADE:  
**1**

DESENHADO POR:  
**Lucas**

DATA:  
**16/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:  
**A4**

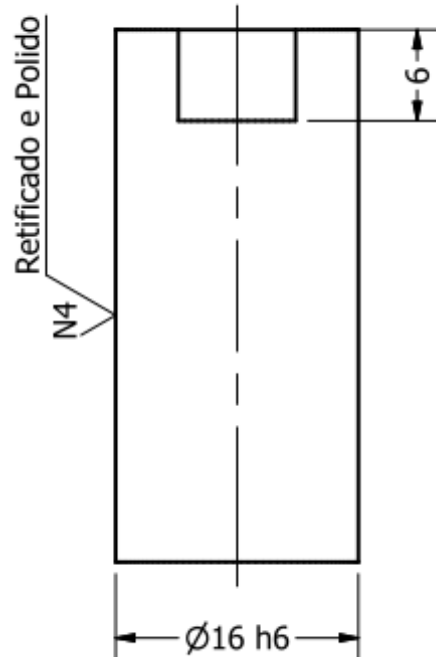
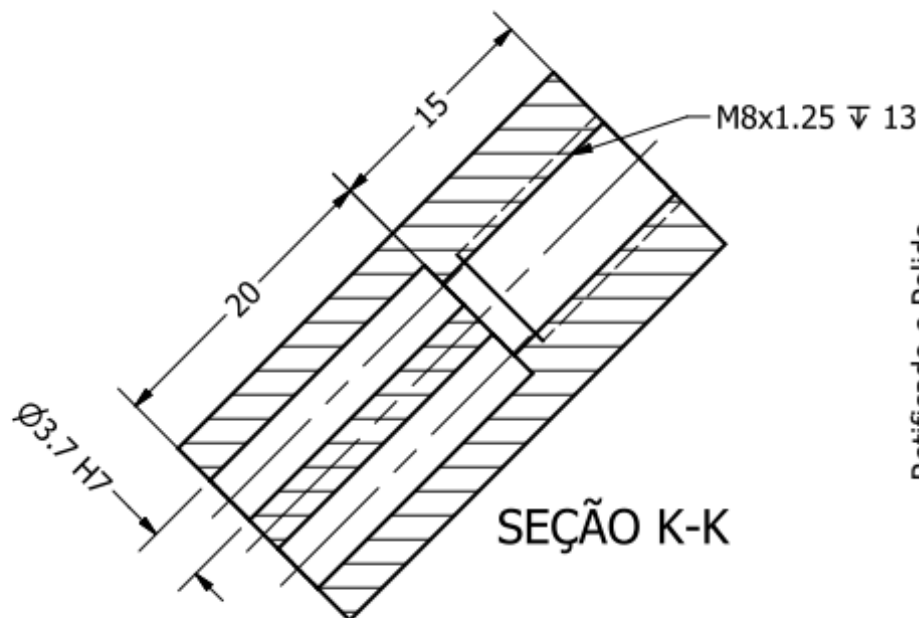
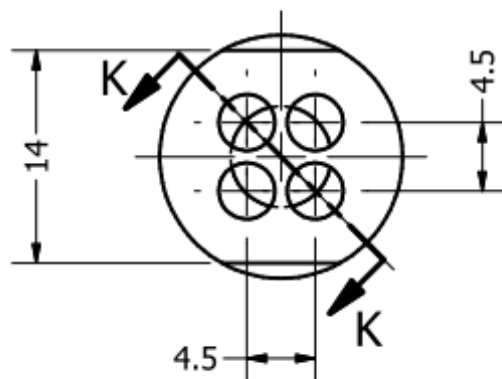
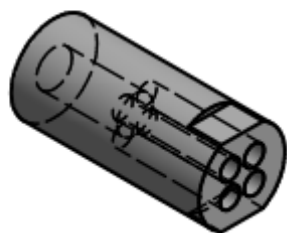
OBS.:

FOLHA:  
**8 / 17**

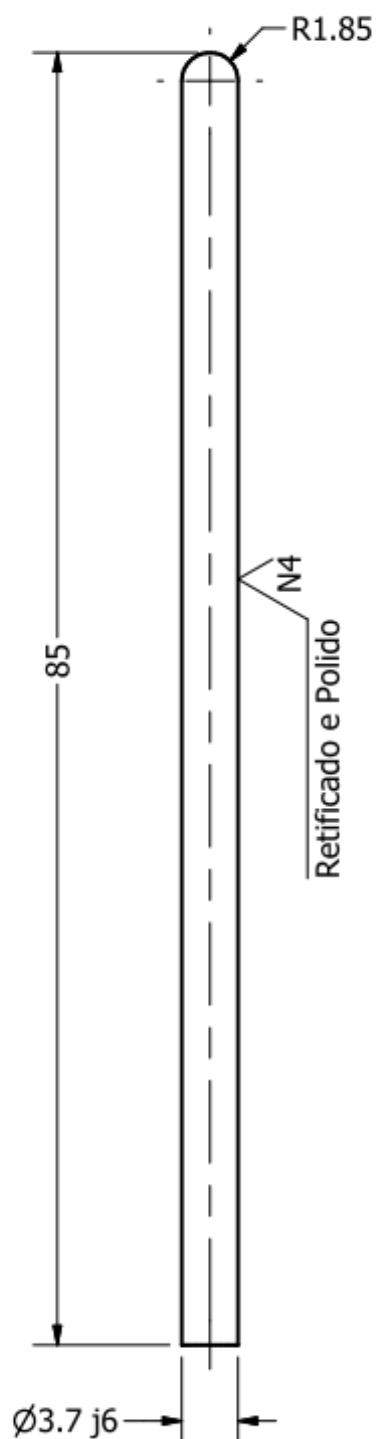
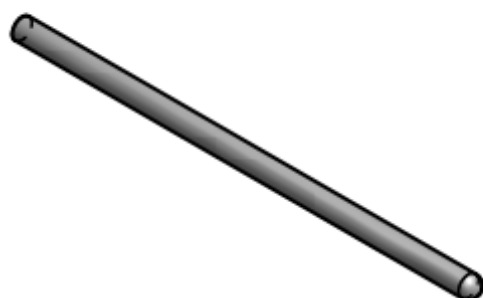
DIMENSÕES:  
**mm [pol]**

ESCALA:  
**2:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Ferr inf gato.ipt



<b>CERAUTO</b> Automotive Sensor Technologies		TÍTULO: <b>SUPORE PINOS MATRIZ 1</b>		
PROJETO: PRENSA ISOLADOR		MATERIAL: AÇO SAE 1045		QUANTIDADE: 1
DESENHADO POR: Lucas	DATA: 3/6/2011	CHECADO POR:	DATA:	TAM. FOLHA: A4
OBS.:		FOLHA: 9 / 17	DIMENSÕES: mm [pol]	ESCALA: 2:1
ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Suporte pinos matriz 4f.ipt				



TÍTULO:

**PINO MATRIZ 1**

PROJETO:  
**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:  
**Metal Duro**

QUANTIDADE:  
**4**

DESENHADO POR:  
**Lucas**

DATA:  
**29/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:  
**A4**

OBS.:

FOLHA:  
**10 / 17**

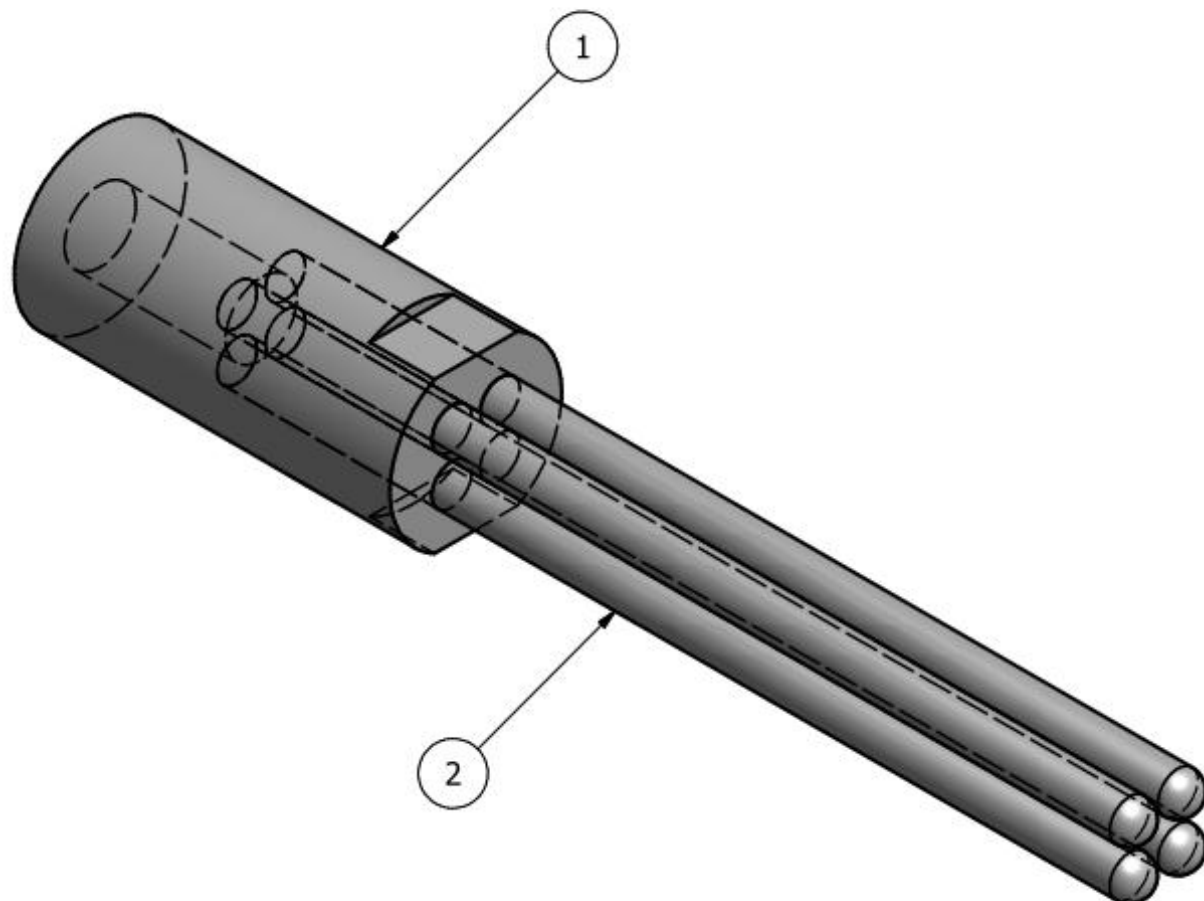
DIMENSÕES:  
**mm [pol]**

ESCALA:  
**2:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Pino matriz 4f.ipt

## PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Suporte Pinos Matriz 1	AÇO SAE 1045
2	4	Pino Matriz 1	METAL DURO



**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**MATRIZ 1**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

QUANTIDADE:

**1**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**29/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

**Montagem das folhas 9 e 10**

FOLHA:

**11 / 17**

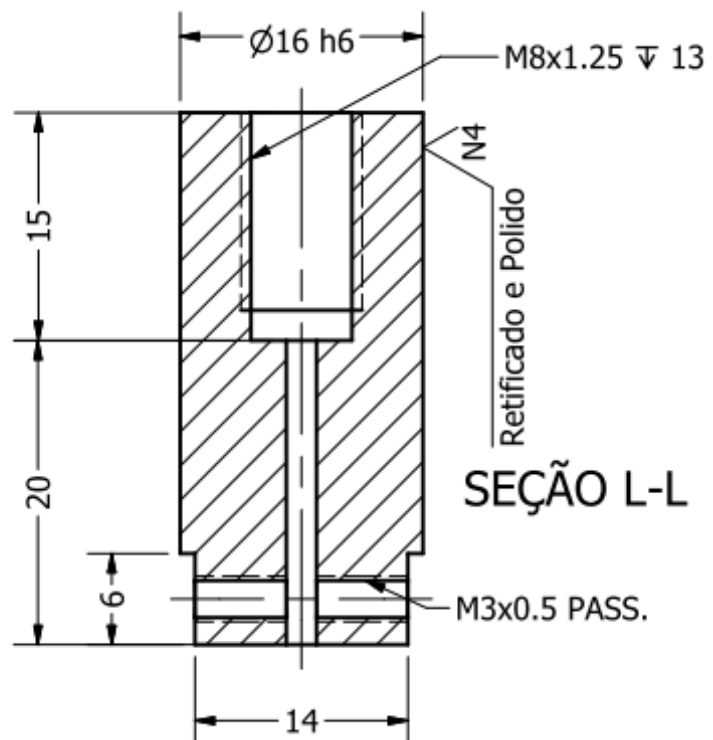
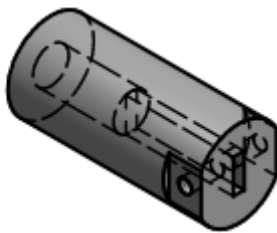
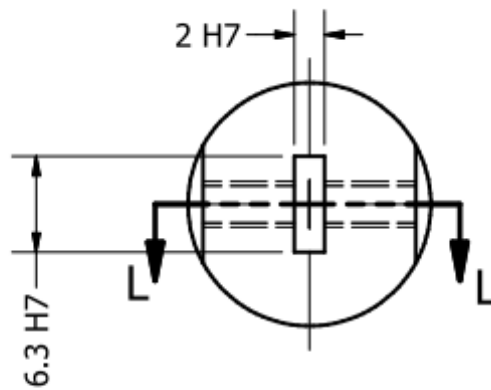
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

ESCALA:

**2:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\matriz 4f.iam



TÍTULO:

**SUPORTE PINO MATRIZ 2**

PROJETO:  
**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:  
**AÇO SAE 1045**

QUANTIDADE:  
**1**

DESENHADO POR:  
**Lucas**

DATA:  
**3/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:  
**A4**

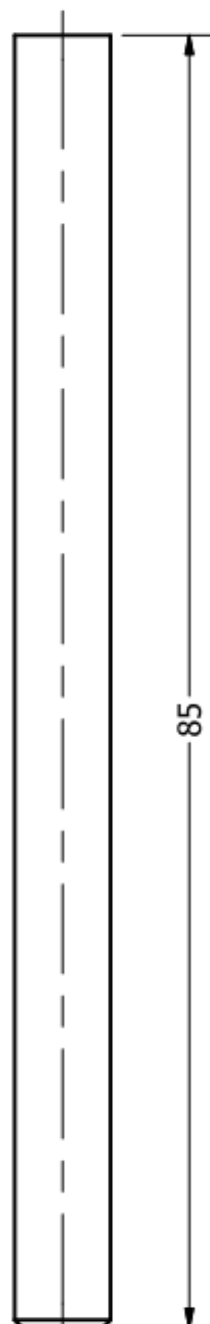
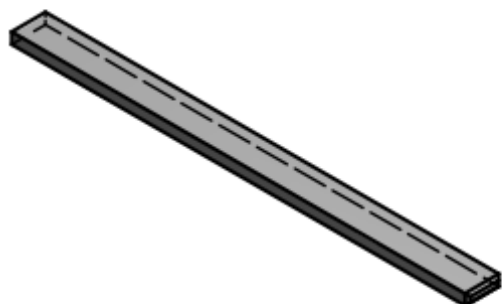
OBS.:

FOLHA:  
**12 / 17**

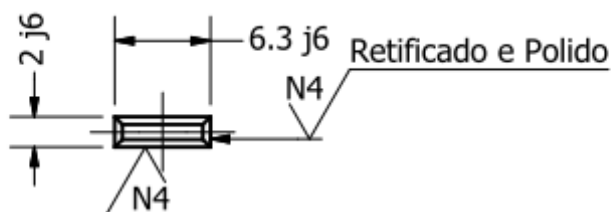
DIMENSÕES:  
**mm [pol]**

ESCALA:  
**2:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Suporte pinos matriz gato.ipt



0.5 X 45° Chanfro



TÍTULO:

**PINO MATRIZ 2**

PROJETO:  
**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:  
**Metal Duro**

QUANTIDADE:  
**1**

DESENHADO POR:  
**Lucas**

DATA:  
**29/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:  
**A4**

OBS.:  
**Chanfrar as 4 arestas de apenas uma extremidade**

FOLHA:  
**13 / 17**

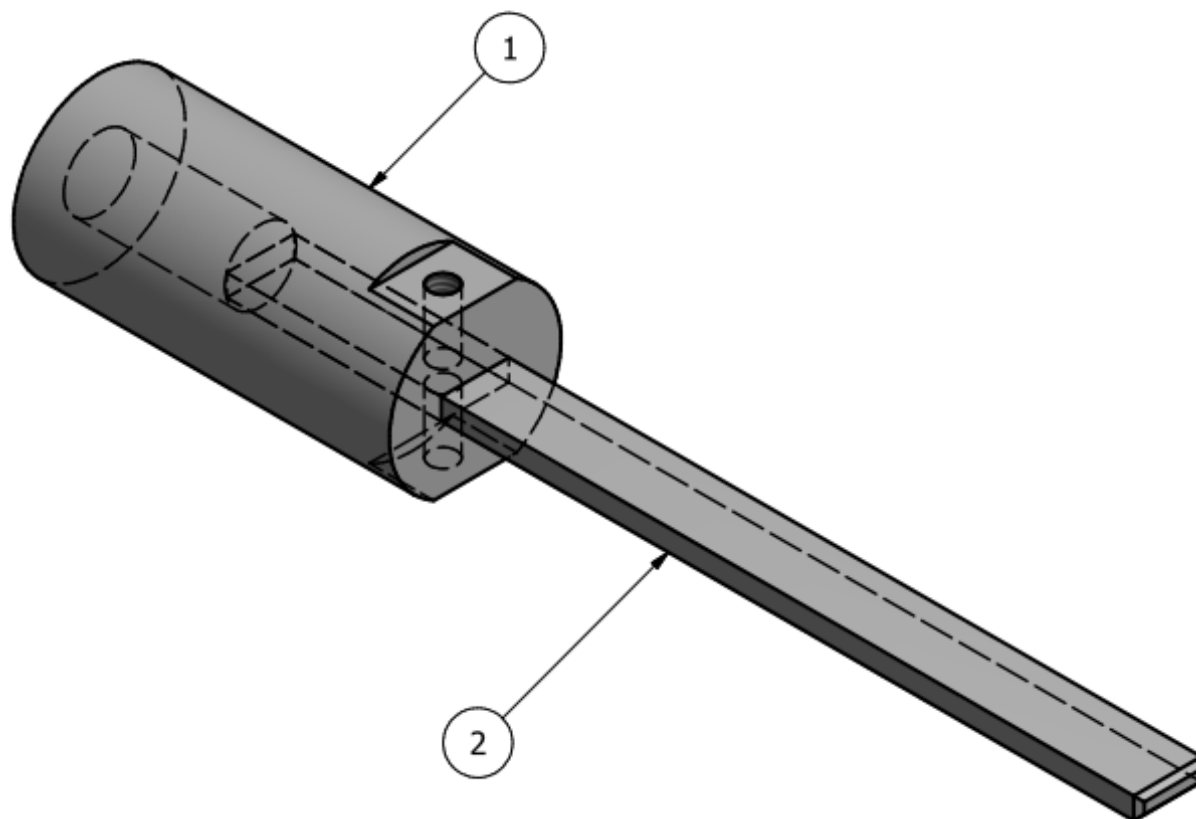
DIMENSÕES:  
**mm [pol]**

ESCALA:  
**2:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Pino matriz gato.ipt

## PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Suporte Pino Matriz 2	AÇO SAE 1045
2	1	Pino Matriz 2	METAL DURO



**CERAUTO**  
Automotive Sensor Technologies

TÍTULO:

**MATRIZ 2**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

QUANTIDADE:

**1**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**29/6/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

**Montagem das folhas 12 e 13**

FOLHA:

**14 / 17**

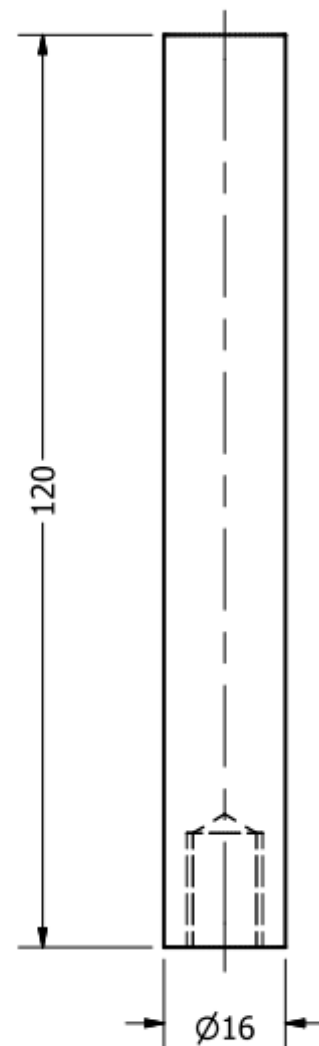
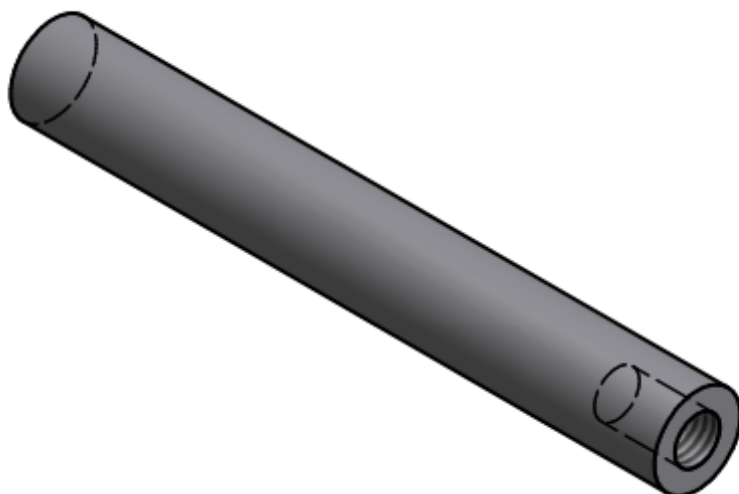
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

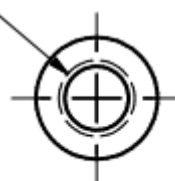
ESCALA:

**2:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\matriz gato.iam

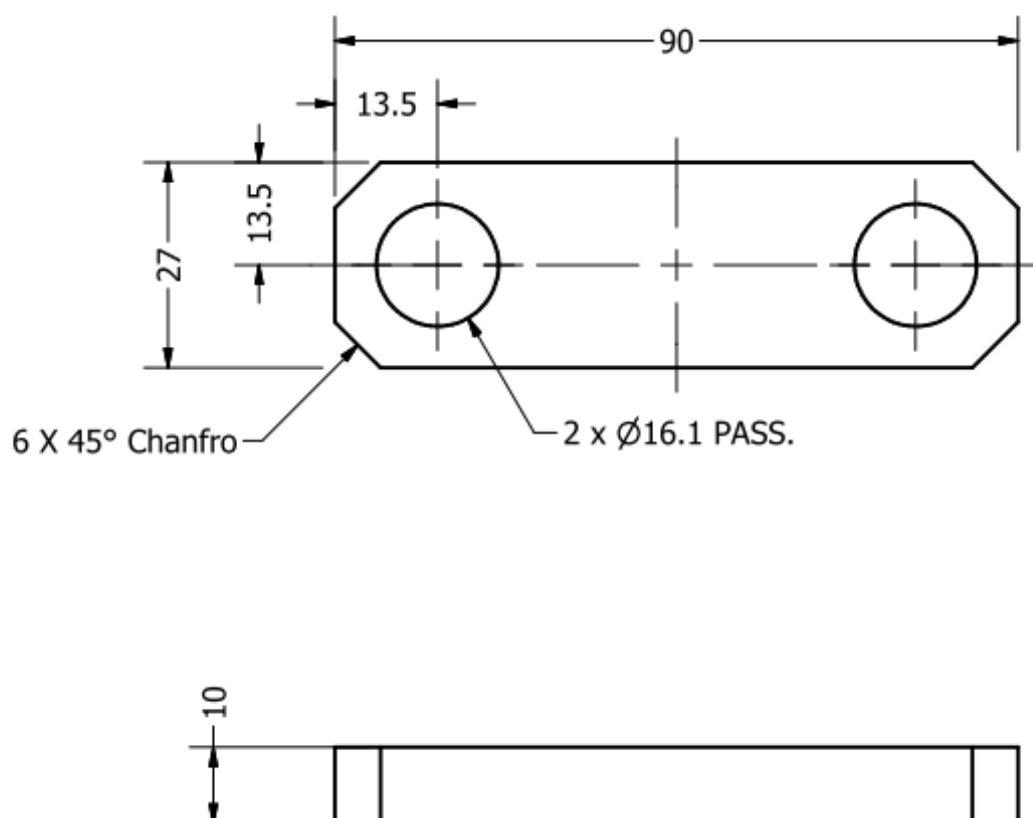
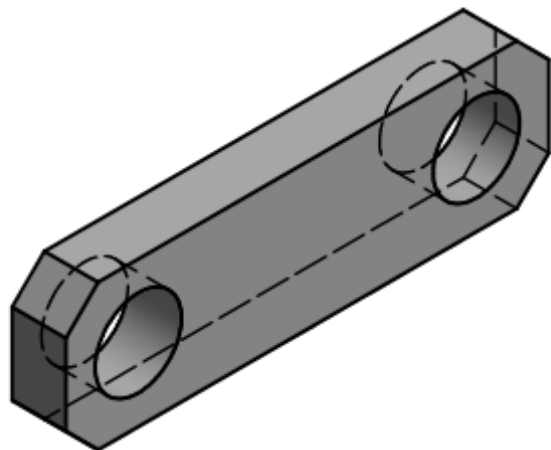


M10x1.5 ▽ 15



<b>CERAUTO</b> <i>Automotive Sensor Technologies</i>		TÍTULO: <b>EIXO ANTIGIRO</b>		
PROJETO: <b>PRENSA ISOLADOR</b>		MATERIAL: <b>AÇO SAE 1045</b>		QUANTIDADE: <b>2</b>
DESENHADO POR: <b>Lucas</b>	DATA: <b>1/9/2011</b>	CHECADO POR:	DATA:	TAM. FOLHA: <b>A4</b>
OBS.:		FOLHA: <b>15 / 17</b>	DIMENSÕES: <b>mm [pol]</b>	ESCALA: <b>1:1</b>
ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Eixo antigo.ipt				





TÍTULO:

**ANTIGIRO**

PROJETO:

**PRENSA ISOLADOR**

MATERIAL:

**NYLON**

QUANTIDADE:

**2**

DESENHADO POR:

**Lucas**

DATA:

**1/9/2011**

CHECADO POR:

DATA:

TAM. FOLHA:

**A4**

OBS.:

FOLHA:

**16 / 17**

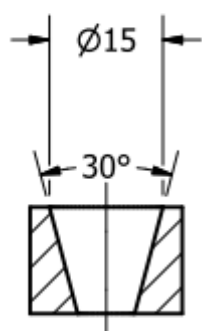
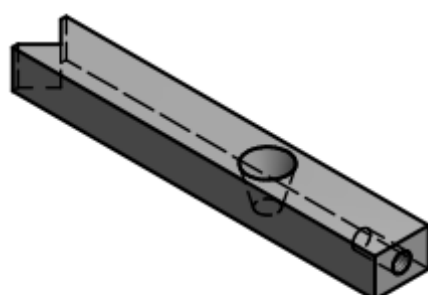
DIMENSÕES:

**mm [pol]**

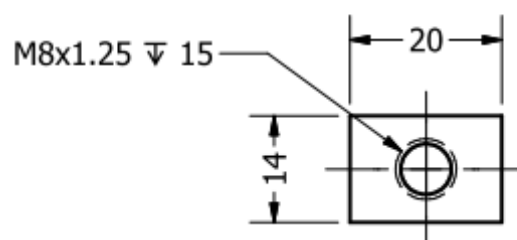
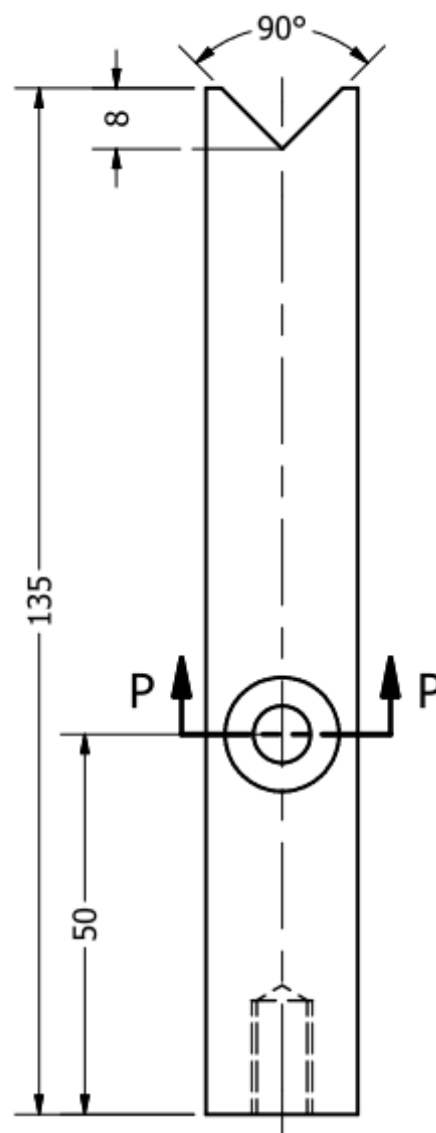
ESCALA:

**1:1**

ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Antigiro.ipt

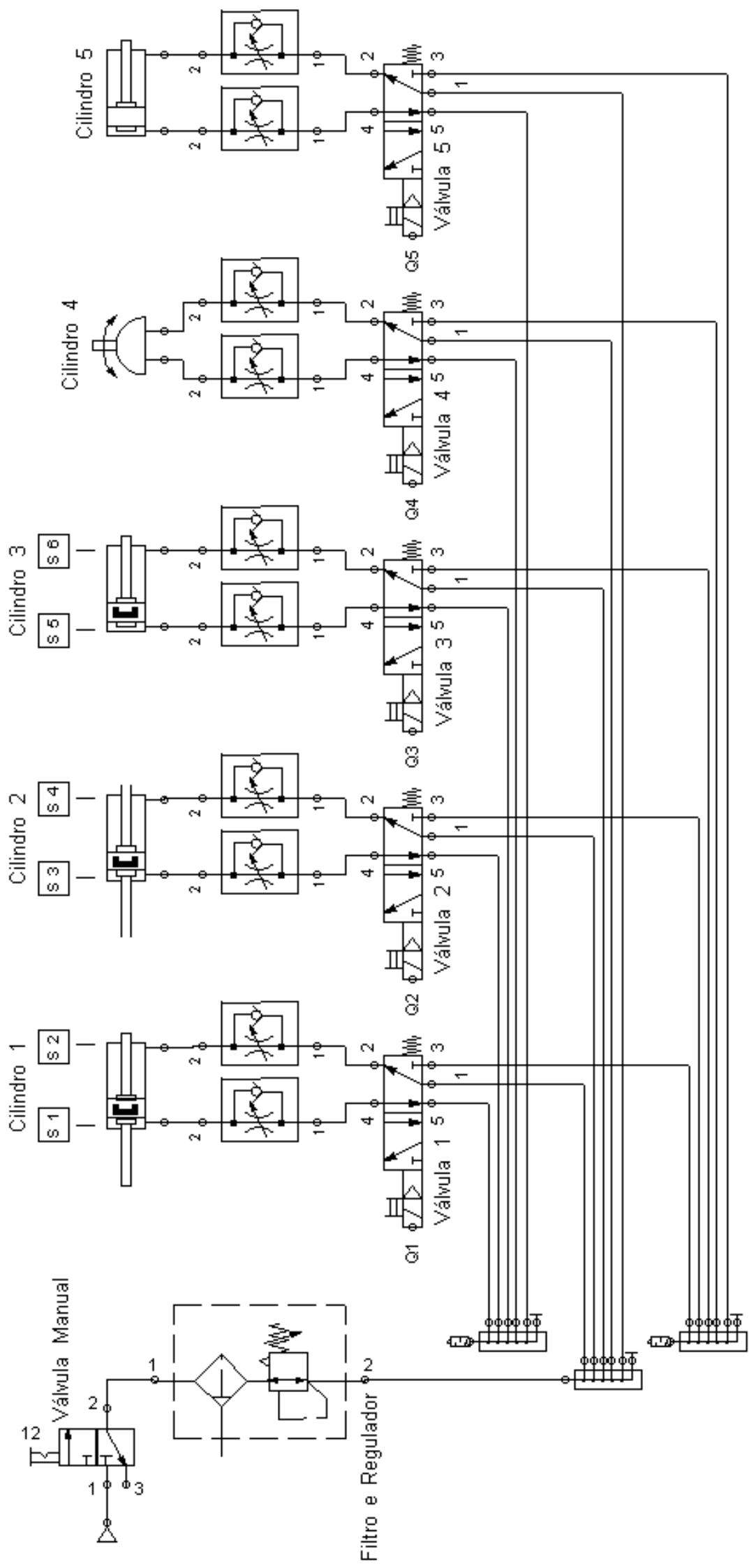


SEÇÃO P-P

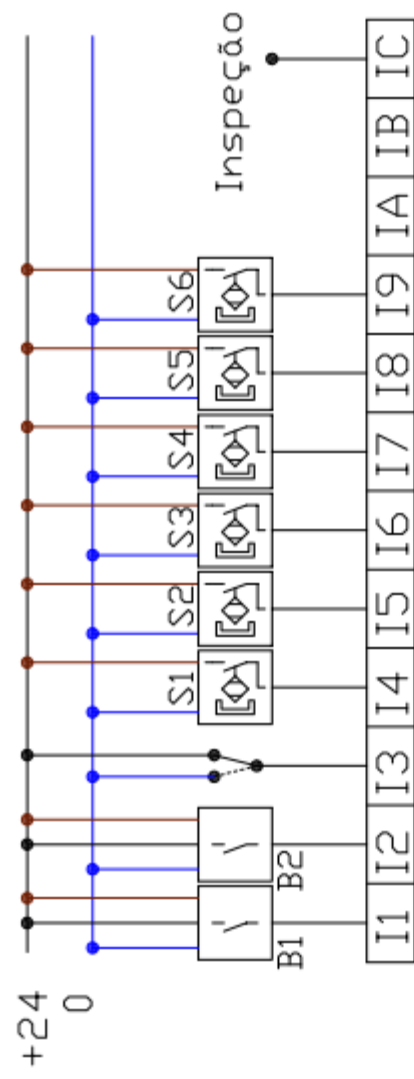
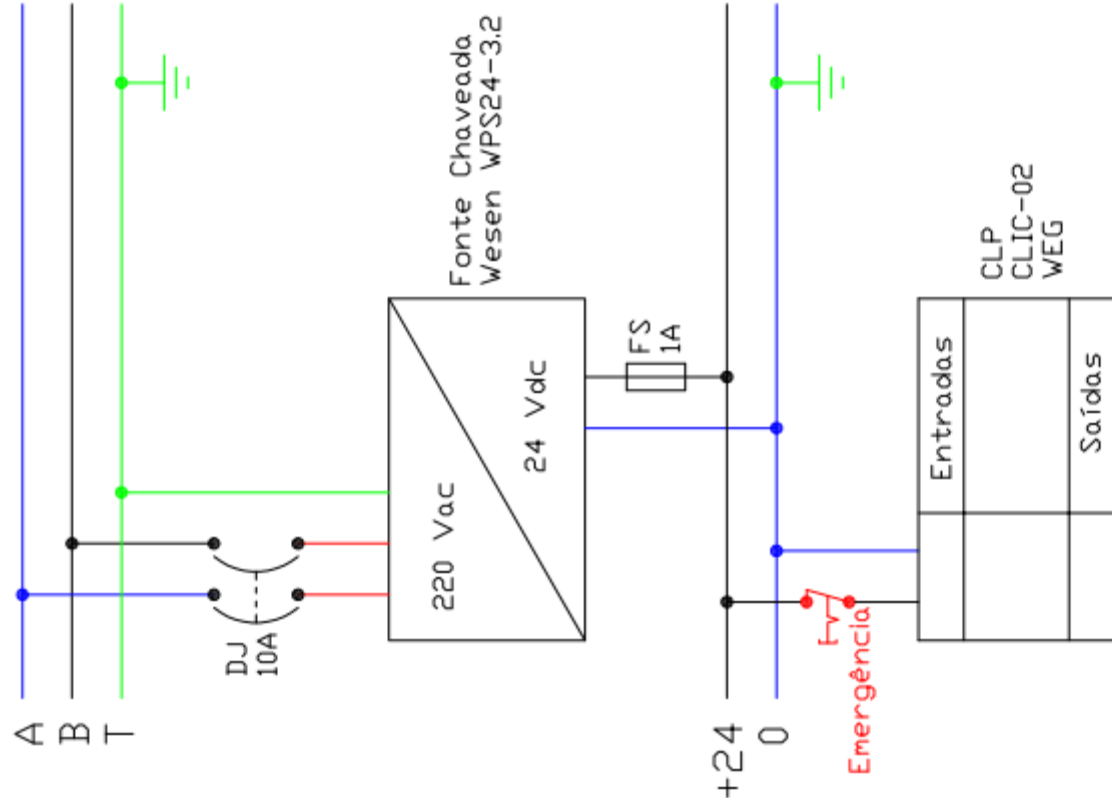


<b>CERAUTO</b> <i>Automotive Sensor Technologies</i>		TÍTULO: <b>REMOVEDOR</b>		
PROJETO: <b>PRENSA ISOLADOR</b>		MATERIAL: <b>NYLON</b>		QUANTIDADE: <b>2</b>
DESENHADO POR: <b>Lucas</b>	DATA: <b>31/8/2011</b>	CHECADO POR:	DATA:	TAM. FOLHA: <b>A4</b>
OBS.:		FOLHA: <b>17 / 17</b>	DIMENSÕES: <b>mm [pol]</b>	ESCALA: <b>1:1</b>
ENDEREÇO E ARQUIVO: \\A-server\Company\CERAUTO\Estagiários\LUCAS\TCC\Ferramentas\Removedor.ipt				

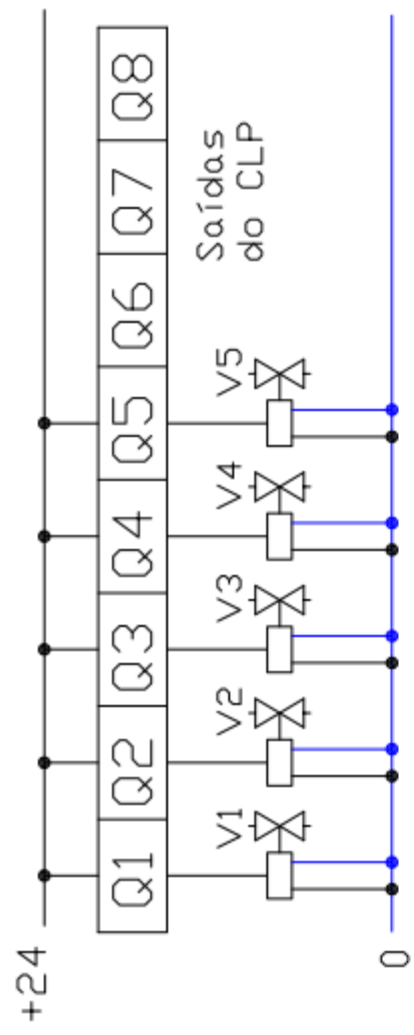
## **Apêndice G – Diagrama Pneumático**



## **Apêndice H – Diagrama Elétrico**



Entradas  
do CLP



Saídas  
do CLP

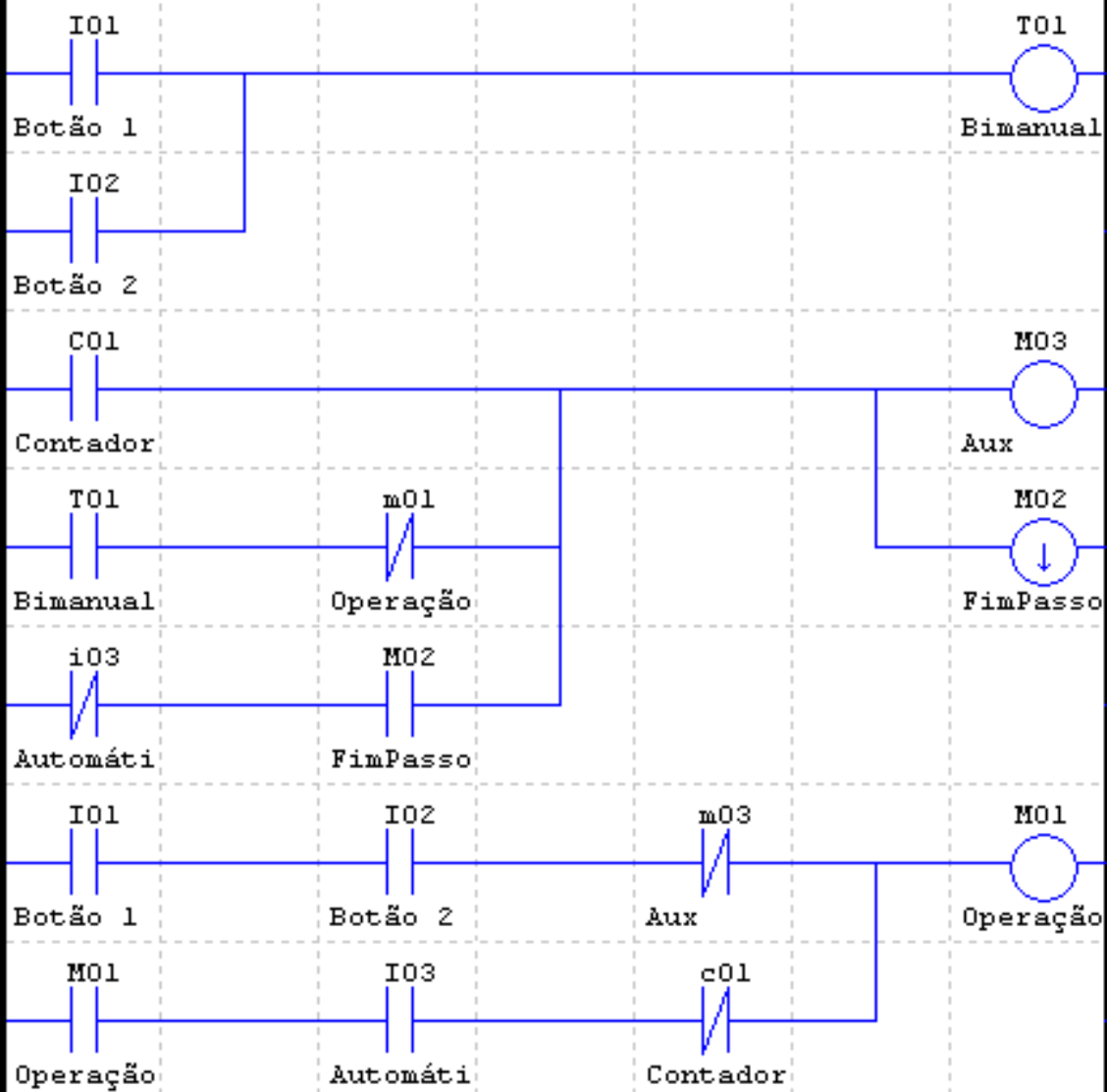
Legenda

	Disjuntor Bipolar		Válvula Solenoide
	Fusível		Botão de Emergência
	Botão óptica		Chave Comutadora
	Sensor de Fim de Curso		Ponto de Aterramento

## **Apêndice I – Programa *Ladder***

\*\*\*\*\*  
 Lógica de  
 Acionamento  
 \*\*\*\*\*

001  
 002  
 003  
 004  
 005  
 006  
 007  
 008  
 009  
 010  
 011  
 012  
 013



1  $\left[ \begin{matrix} 1 \\ 00.00 \\ 00.10 \end{matrix} \right] T01$

\*\*\*\*\*  
 Lógica de  
 Prensagem  
 \*\*\*\*\*

