

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

HENRIQUE OLIVEIRA MARTINS

**Projeto de fabricação de sistema desentubetador de mudas**

São Paulo  
2017

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

HENRIQUE OLIVEIRA MARTINS

**Projeto de fabricação de sistema desentubetador de mudas**

Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de graduação em Engenharia.

Área de Concentração: Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Edison Gonçalves

São Paulo

2017

## Catalogação na publicação

Martins, Henrique Oliveira.

Projeto de fabricação de sistema desentubetador de mudas / Martins, Henrique Oliveira. São Paulo, 2017, 110 f.

Trabalho de formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Projeto de máquina. 2. Mecanização agrícola. 3. Eucalipto. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica.

## **RESUMO**

Busca diminuir as perdas e custos envolvidos no processo de retirada de mudas de eucalipto dos tubetes de poliuretano (PU), com o desenvolvimento de uma máquina capaz de automatizar o processo atual, que é realizado de maneira manual. O desenvolvimento iniciou-se com a pesquisa de campo, onde foram identificadas a questão da perda de mudas devido ao esforço manual (que causa danos ao sistema radicular), e posterior pesquisa de soluções mecânicas aplicadas em processos similares, passando-se assim a fabricação de módulos singulares para aplicação de testes controlados e validação de conceitos. O resultado dos estudos levantados levou a um projeto mecânico de uma máquina que subdivide-se em duas partes sendo a primeira formada por um conjunto hidro-pneumático capaz de descolar o substrato da muda do tubete de PU, e a segunda etapa baseando-se na retirada mecânica das mudas. Os resultados mostram que o maior motivo de perdas no processo atual é devido à força de descolamento necessária realizada por meio manual. O sistema de máquina apresentou resultados significativamente melhores em termos de qualidade de enraizamento final, levando a redução de perdas.

**Palavras-chave:** Projeto de máquina. Mecanização agrícola. Eucalipto.

## ABSTRACT

It seeks to reduce the losses and costs involved in the removal of eucalyptus seedlings from polyurethane (PU) tubes, with the development of a machine capable of automating the current process, which is carried out manually. The development began with the field research, where the question of loss of seedlings due to manual effort (which causes damage to the root system) was identified, and subsequent research of mechanical solutions applied in similar processes, of singular modules for application of controlled tests and validation of concepts. The result of the studies carried out led to a mechanical design of a machine that is subdivided into two parts, the first being formed by a hydro-pneumatic assembly capable of peeling the substrate of the molt from the PU tube, and the second step based on mechanical removal of seedlings. The results show that the greatest cause of losses in the current process is due to the necessary detachment force performed by manual means. The machine system presented significantly better results in terms of final rooting quality, leading to loss reduction.

**Keywords:** Machine design. Agricultural mechanization. Eucalyptus.

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Diagrama de atividades num viveiro de mudas de eucalipto .....	14
Figura 2 - Tubete de Poliuretano com medidas base .....	15
Figura 3 - Bandeja e tubetes de 55 ml padronizados .....	15
Figura 4 - Máquina de encher bandejas com substrato .....	16
Figura 5 - Bandeja e tubetes com substrato.....	16
Figura 6 - À esquerda operadora cortando os talos, à direita operadora plantando os talos.....	17
Figura 7 - Mudas de eucalipto em fase de crescimento .....	18
Figura 8 - Desentubetamento manual .....	19
Figura 9 - Foto do Viveiro Florestal da Suzano Cia Papel Celulose, Alambari - SP..	22
Figura 10 - Detalhamento do ensaio realizado pelo teste de esforço desentubetamento da muda.....	26
Figura 11 - Exemplo da capacidade da força de adesão da muda sobre a superfície do tubete .....	26
Figura 12 - Mecanismo em T para retirada de tubetes.....	29
Figura 13 - Estrutura com acionamentos.....	30
Figura 14 - À esquerda bandeja de mudas de flores (plugues) e à direita desplugadora semiautomáica.....	30
Figura 15 - Buscador booleano .....	31
Figura 16 - Exemplo de patente de um mecanismo transportador de mudas com sua descrição .....	32
Figura 17 - Exemplo de patente de sacador de mudas com sua descrição .....	32
Figura 18 - Exemplo de patente de uma pinça mecânica para transplantes de mudas com sua descrição .....	32
Figura 19 - Principais patentes encontradas .....	33
Figura 20 - Inovação segundo Design Thinking .....	34
Figura 21 - Etapas do Design Thinking .....	35
Figura 22 - À esquerda bandeja com medida padrão e à direita tubete com medida padrão .....	37
Figura 23 - Esforço realizado pelo desentubetamento manual .....	38
Figura 24 – Mudas fornecidas para teste .....	39
Figura 25 – Bocal para disparo de ar em tubete .....	39

Figura 26 – Sequência de testes para desenvolvimento de nova técnica de desentubetamento.....	41
Figura 27 - Conceito do teste hidropneumático .....	41
Figura 28 - Muda desentubetada à direita, após teste hidropneumático .....	43
Figura 29 - Conceito do teste hidráulico .....	43
Figura 30 - Bocal para teste a vácuo.....	44
Figura 31 - Conceito do teste a vácuo.....	45
Figura 32 - Bocais em série para desentubetamento hidropneumático. Dreno de pressão ao centro devido a descolamento precoce .....	46
Figura 33 - À esquerda válvula pino, à direita conceito da válvula por esfera.....	46
Figura 34 - À esquerda esferas utilizadas, à direita conceito da válvula .....	47
Figura 35 - Bocal fabricado com vedação superior por anel oring .....	47
Figura 36 - Bancada sendo montada para teste de vedação .....	48
Figura 37 - Materiais utilizados na usinagem da sede da válvula .....	48
Figura 38 - Ilustração a cerda do corpo do bocal .....	49
Figura 39 - Teste de vedação com módulo completo.....	49
Figura 40 - Acima desenho do projeto de linha e abaixo perspectiva .....	50
Figura 41 - Barra de alumínio usinada e fusos rosados de fixação .....	50
Figura 42 - Barra de alumínio fixa com 11 bocais .....	51
Figura 43 - Protótipo de linha .....	51
Figura 44 - Protótipo de linha .....	52
Figura 45 - Mudas em tubetes.....	52
Figura 46 - Dimensões do bocal fabricado e utilizado nos testes.....	54
Figura 47 – Conjunto do bocal fabricado nos testes .....	54
Figura 48 - Croqui do transportador .....	55
Figura 49 - Correia taliscada .....	56
Figura 50 - Esquemático das garras de mudas .....	57
Figura 51 - Protótipo das garras laterais .....	57
Figura 52 - Protótipo do sistema de garras, à esquerda as garras estão abertas e à direita estão fechadas. ....	58
Figura 53 - Protótipo do sistema de garras em posição de “elevação” de mudas....	58
Figura 54 - Protótipo do “prende tubetes”.....	59
Figura 55 - Croqui sistema “prende tubetes” .....	59
Figura 56 - Layout do sistema de prende tubetes e garras em linha.....	59

Figura 57 - Movimento ideal da garra, movimento simples de giro .....	60
Figura 58 - Protótipo do sistema em escala 1:1 .....	60
Figura 59 - Layout de solução, vista superior do equipamento em 3D.....	61
Figura 60 - Layout de solução, vista superior do equipamento em 3D.....	62
Figura 61 - Layout de solução, vista superior do equipamento em 3D.....	62
Figura 62 - Layout do chassis desenvolvido.....	63
Figura 63 - Layout do chassis desenvolvido.....	64
Figura 64 - Dimensões base do chassis em perfil de alumínio estrutura, na vista frontal .....	64
Figura 65 - Dimensões base do chassis em perfil de alumínio estrutura, na vista lateral.....	65
Figura 66 - Dimensões base do chassis em perfil de alumínio estrutura, na vista superior .....	65
Figura 67 - Layout do desenvolvimento da máquina, vista do operador .....	66
Figura 68 - Layout do desenvolvimento da máquina, vista por cima .....	66
Figura 69 - Layout do desenvolvimento da máquina, vista da parte posterior.....	67
Figura 70 - Estudo da Flecha na viga de alumínio .....	67
Figura 71 - Relação de flecha para uma viga igualmente carregada .....	67
Figura 72 - CLP micro 850 .....	69
Figura 73 - Sistema de alimentação e Proteção.....	70
Figura 74 - Banco de sensores de fim de curso .....	70
Figura 75 - CLP e uso de saídas e entradas digitais .....	71
Figura 76 - Tela gráfica de operação, posição inicial .....	71
Figura 77 - Tela gráfica de operação, posição final.....	72
Figura 78 - Diagrama de tempos do processo de desentubetamento.....	73
Figura 79 - Dimensões da mesa auxiliar .....	75
Figura 80 - Dimensões do tampo em chapa de aço de 1,25mm .....	75
Figura 81 - Perspectiva da mesa auxiliar .....	75
Figura 82 - Perspectiva da mesa auxiliar com as bandejas .....	76
Figura 83 - Dimensões da mesa de saída.....	77
Figura 84 - Dimensões do tampo em chapa de aço de 1,25mm .....	77
Figura 85 - Perspectiva da mesa de saída com caixa de expedição.....	78
Figura 86 - Bancada em madeira com guias de apoio em alumínio.....	81
Figura 87 - Altura e posição das guias de alumínio para deposição da bandeja.....	82

Figura 88 - Mecanismo "prende tubetes" e posição de atuação .....	82
Figura 89 - Mecanismo "agarra mudas" e posições de atuação .....	83
Figura 90 - Conjunto de garras e "prende tubetes" em suas posições de atuação ...	83
Figura 91 - Base dos "bocais de desentubetamento".....	84
Figura 92 - Mecanismo de "gaveta" e posições de atuação.....	84
Figura 93 - Movimento de "gaveta" em suas posições de atuação .....	85
Figura 94 - À esquerda mesa auxiliar para apoio das bandejas e à direita mesa de saída.....	86
Figura 95 - Protótipo sem atuadores de máquina desentubetadora.....	86

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Problemas identificados com a mão de obra.....	23
Tabela 2 - Problema identificado com a qualidade.....	23
Tabela 3 - Problemas relacionados a condições de serviço.....	23
Tabela 4 - Resultado das entrevistas .....	27
Tabela 5 - Resultados dos ensaios .....	42
Tabela 6 - Resultados dos ensaios .....	44
Tabela 7 - Resultado dos ensaios .....	53
Tabela 8 – Resultados de desentubetamento hidropneumático com módulo de 11 bocais completo .....	53
Tabela 9 - Caso limite por disparo.....	68
Tabela 10 - Itens e custos para hidráulica e pneumática .....	79
Tabela 11 - Comparaçāo dos processos quanto à tensão e custo.....	88

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Contexto .....	11
1.2 Descrição da Problemática .....	13
1.3 Objetivo.....	20
2. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO .....	21
3. ESTUDO DO PROBLEMA .....	22
3.1 Visitas aos viveiros .....	22
3.2 Necessidades do processo de desentubetamento .....	24
3.3 Requisitos do Projeto.....	27
3.4 Estudos de Soluções Existentes e Patentes.....	29
3.5 Busca pela solução.....	34
4. PROJETO .....	37
4.1 Mecanismo de desentubetamento .....	37
4.1.1 Testes de Desentubetamento .....	39
4.1.2 Desentubetamento Hidropneumático .....	41
4.1.3 Desentubetamento Hidráulico .....	43
4.1.4 Desentubetamento a Vácuo.....	44
4.1.5 Teste de Válvula (pino e esfera).....	45
4.1.6 Teste de Vedação .....	47
4.1.7 Teste de módulo com 11 bocais.....	50
4.1.8 Resultados de Desentubetamento .....	52
4.2 Mecanismo de transporte de bandejas .....	54
4.3 Mecanismo de transporte de mudas.....	56
4.4 Solução proposta.....	61
4.5 Sistema de automação .....	69

4.6 Sistemas auxiliares .....	74
4.7 Análise de custos.....	78
5. PROTOTIPAGEM DAS PARTES .....	81
6. CONCLUSÕES .....	87
REFERÊNCIAS.....	90
APÊNDICE A – Desenhos e medidas utilizadas .....	93

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Contexto

A crescente mecanização agrícola no Brasil iniciou-se no final da década de 80, devido à necessidade de aumentar a produtividade e reduzir encargos oriundos do aumento de custos de mão de obra, elevados preços de consumíveis energéticos, menor disponibilidade de terras produtíveis e a necessidade de preservação do meio ambiente (MONTANHA, 2010).

Apesar da intensificação da mecanização agrícola o Brasil ainda possui um grande potencial que pode ser explorado devido à falta de tecnologia de ponta e excesso de atividades realizadas manualmente, impedindo que em muitas propriedades rurais haja maior produtividade e ampliação da área cultivada, pois a cada aumento da capacidade produtiva exige-se um maior número de mão de obra, recursos logísticos e aumento da gestão de pessoas o que torna cada passo do processo muito complicado para o crescimento de uma propriedade agrícola (MONTANHA, 2013).

Assim, ainda que os custos oriundos da utilização de máquinas agrícolas possam representar até 40% dos custos totais de produção (MATOS, 2007), esse incremento de encargos dado pelos equipamentos ainda é muito inferior ao exigido pelo processo atual, considerando incluso o custo de oportunidade e a logística que no caso de um processo manual inviabiliza o aumento produtivo, além de proporcionar a redução da mão de obra fixa e temporária, contra uma melhor qualificação desta para a operação do equipamento gerando empregos de melhor qualidade em termos de remuneração e segurança, conforme em Nogueira (2012).

Mas os problemas no campo não se limitam somente ao custo de mão de obra e sua logística, decorre também da escassez de trabalhadores no campo e a alta carga tributária, não só de impostos como também de insumos (como o custo de energia no Brasil que é quase três vezes maior que nos EUA), o que levou o Brasil a perda de competitividade no setor. Outro fenômeno que contribui com a queda contínua deste setor está vinculado à atual crise econômica que fez cair também à

concorrência da indústria, que em 2010 estava na 38<sup>a</sup> posição (ranking com países) e em 2016 o Brasil está na 57<sup>a</sup>, sendo esta queda mais uma numa série de seis anos de perda de competitividade (JORNAL NACIONAL, 2016).

Apesar dos problemas apresentados pelo setor agrícola e devido à crise nacional, o Brasil ainda é um dos poucos países que possuem capacidade de expandir sua produção agrícola, dada a quantidade de área ainda disponível, ou pelo potencial de produtividade não explorado nas culturas existentes (MONTANHA, 2013).

Segundo Chaul e Tibiriçá (2006) o Brasil tem a maior área plantada de eucalipto do mundo, além de ser o maior produtor mundial de celulose. De acordo com a Indústria Brasileira de Árvore (2015), dos hectares de árvores plantadas no Brasil, 5,56 milhões de hectares são de eucalipto, o que representa 71,9% do total, sendo que de acordo com a Embrapa (2014) a região sudeste apresenta maior quantidade de áreas plantadas (54,2%), seguidas pelas regiões Nordeste (16,4%), Centro Oeste (12,2%), Sul (11,8%) e Norte (5,5%).

Contudo o país ocupa a 4<sup>a</sup> posição no ranking de competitividade e rentabilidade do setor florestal, atrás de Rússia (1<sup>a</sup>), Indonésia (2<sup>a</sup>) e EUA (3<sup>a</sup>), o setor florestal é principalmente representado pelas culturas de *Eucalyptus g.* e *Pinus g.*, o que representa uma perda real de competitividade no setor florestal (INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS, 2015).

Um modo de retomar a competitividade nacional no setor florestal é a mecanização de processos manuais, que segundo Milan (2004), este é o segundo fator mais importante no ganho de competitividade perdendo apenas à posse de terra, e também é o maior fator de redução dos custos de produção no setor florestal. Sendo que a maior parte da mão de obra do setor florestal se insere em duas etapas do setor produtivo: o campo e o viveiro; e que os processos no campo sofreram intenso investimento de tecnologia e os viveiros se tornaram órfãos de investimentos tecnológicos (LOPES; VELLOSO, 2015).

Sendo assim os viveiros de mudas florestais apresentam uma oportunidade ideal para o desenvolvimento de novas tecnologias, para se ter uma noção do tamanho

da necessidade o Instituto Brasileiro de Florestas (2011) disponibiliza uma lista de mais de cem viveiros florestais, quase todos seguindo uma concepção de manejo manual, com necessidade elevada de mão de obra. Cada viveiro é um potencial consumidor de máquinas capazes de automatizar processos que possam além de reduzir custos melhorar a produtividade, aumentarem a qualidade, e criar planejamento em longo prazo para os viveiros, garantir segurança e saúde aos funcionários.

Com o intuito de criar um desenvolvimento tecnológico na silvicultura brasileira, uma das únicas maneiras efetivas para melhorar o retorno econômico do setor (MONTANHA, 2013), esta pesquisa busca criar um projeto de máquina para automação de viveiros florestais, com foco especial à cultura de eucalipto capaz de melhorar a produtividade das mudas. Isto deverá ser feito com o estudo da necessidade e realidade do setor, e o auxílio da adaptação de tecnologias já existentes às culturas florestais, o que já tem dado bons resultados como em Lopes e Velloso (2015).

## **1.2 Descrição da Problemática**

A produção de mudas de eucalipto começa nos viveiros, locais de deposição de sementes em ambiente de maior controle dos parâmetros básicos para o crescimento das mudas que após as fases iniciais de crescimento podem passar ao plantio em campo (MOURA, 2003). A maioria dos processos existentes nos viveiros são realizados de maneira manual por funcionários (PAINEL FLORESTAL, 2009).

Dentro de um viveiro de mudas florestais existem várias etapas necessárias para o desenvolvimento das mudas. Na figura 1 há um fluxograma que representa as principais atividades existentes num viveiro de mudas de eucalipto de grande porte.

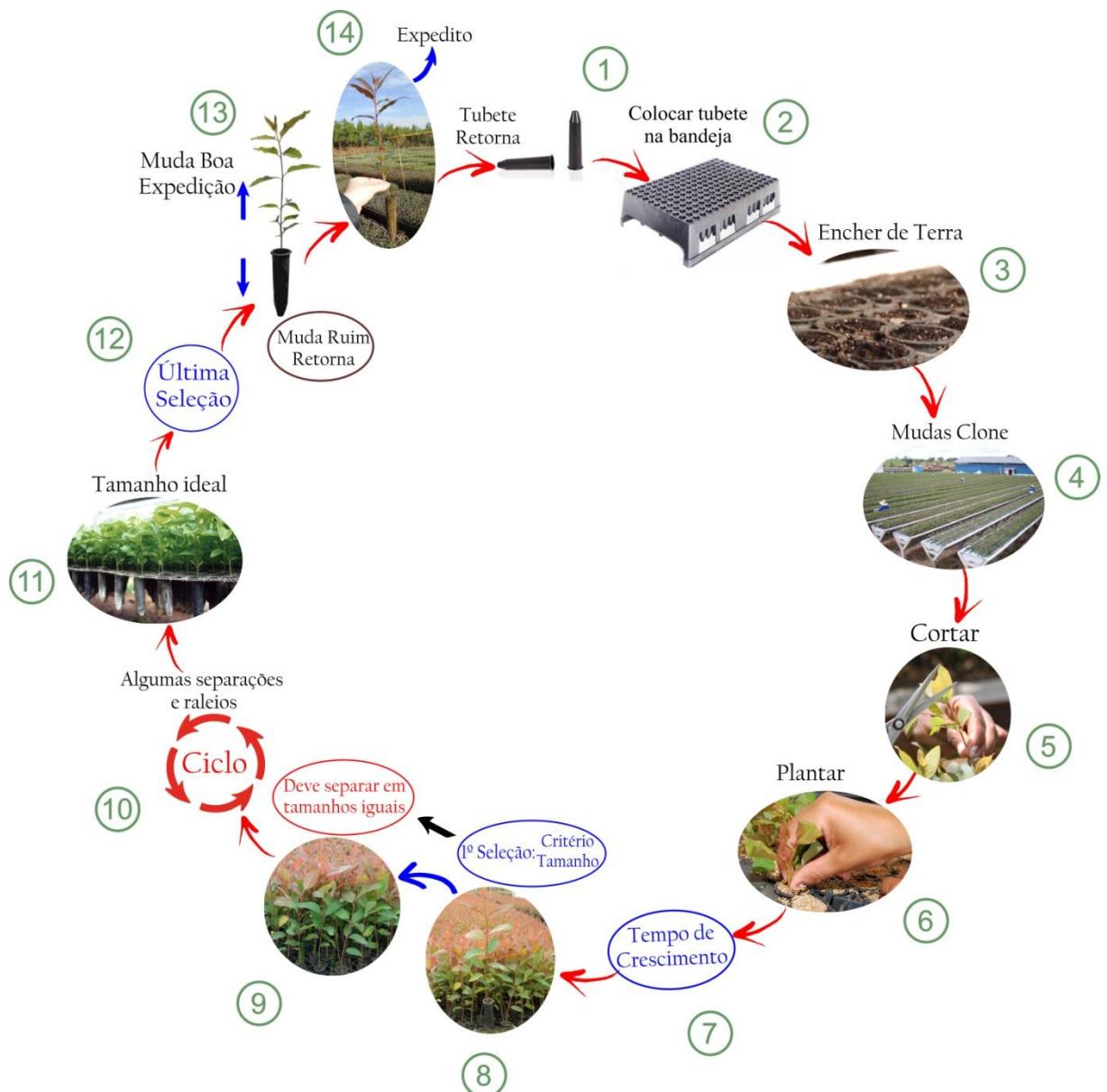


Figura 1 - Diagrama de atividades num viveiro de mudas de eucalipto

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O fluxograma da figura 1 foi baseado no estudo de um viveiro de mudas de eucalipto situado na cidade de Alambari<sup>1</sup>, no interior do estado de São Paulo, cuja produção é da ordem de 100 mil mudas por dia de trabalho. As etapas iniciais de um viveiro de mudas de eucalipto também são apresentadas em Painel Florestal (2009).

<sup>1</sup> Dados retirados da visita ao Viveiro de Mudas Cia Suzano Papel e Celulose – localizado na Estrada Municipal - s/n km 142, 5, Alambari – SP.

Uma das primeiras tarefas do viveiro é a lavagem dos tubetes de poliuretano (PU). Estes são os recipientes em que as mudas irão ser plantadas durante toda a fase de crescimento do viveiro. A lavagem dos tubetes é realizada com o auxílio de uma máquina rotativa (PAINEL FLORESTAL, 2009), que é capaz de retirar os restos de substrato de outras mudas do interior do tubete, processo este que se feito de maneira manual é necessária a alocação de mais de três operadores em um dia. Um tubete padrão de PU e suas dimensões são vistos na figura 2.

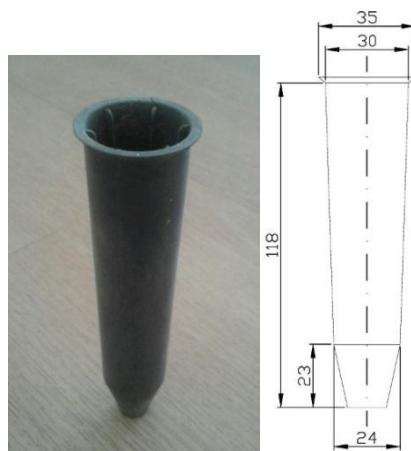


Figura 2 - Tubete de Poliuretano com medidas base

Fonte: Foto tirada pelo autor (2017) e desenho elaborado pelo autor (2017)

Após a lavagem dos tubetes estes devem ser colocados nas bandejas padronizadas feitas de poliuretano (PU), e esterilizar a bandeja com os tubetes em um banho de água fervente, cerca de três pessoas executam esta tarefa num viveiro que planta cerca de 100 mil unidades por dia.



Figura 3 - Bandeja e tubetes de 55 ml padronizados

Fonte: MR Rural (2017)

Uma bandeja padronizada após estar completa com tubetes (figura 3) deve ser preenchida com substrato (figura 5). Para estas tarefas já se encontram soluções mecanizadas (figura 4), contudo não são todos os viveiros que possuem este maquinário. Esta tarefa pode consumir de seis a sete operadores, para o caso estudado.



Figura 4 - Máquina de encher bandejas com substrato

Fonte: MR Rural (2016)



Figura 5 - Bandeja e tubetes com substrato

Fonte: Painel Florestal (2009)

Tendo as bandejas preenchidas com tubetes, e estes com substrato, passa-se a olhar a produção das mudas clones. As atividades das mudas clones começam em uma estufa, onde se encontram canteiros com mudas clonadas. As mudas clones são mudas matriz, com a melhor genética adequada ao planejamento do viveiro.

De acordo com a demanda, os trabalhadores necessitam cortar pequenos talos das mudas clones para depois plantar nos tubetes cheios de substrato. Esta tarefa consome, na produção estudada, entre dez a quinze pessoas, destinadas somente a esta tarefa. No processo de plantio os operadores ainda necessitam cortar folhas pouco desenvolvidas e deixar somente os ramos mais sadios no plantio (figura 6).



Figura 6 - À esquerda operadora cortando os talos, à direita operadora plantando os talos

Fonte: Campo & Negócios (2015)

Após o plantio encontra-se uma fase de crescimento e seleção (figura 7). Nesta fase as mudas necessitam de tempo para crescer e se desenvolver, e conforme ocorre o crescimento é necessário que as mudas sejam realocadas para melhorar a eficácia do crescimento. Diversos funcionários necessitam selecionar as mudas manualmente realocando-as entre as bandejas, para garantir que estas cresçam de maneira uniforme. Uma muda de eucalipto pode necessitar, ao longo do seu desenvolvimento, de três ou mais seleções. Um funcionário consegue selecionar até 15 mil mudas por dia de trabalho (PAINEL FLORESTAL, 2009).



Figura 7 - Mudas de eucalipto em fase de crescimento

Fonte: BM Reflorestamento (2014)

O processo de seleção possui soluções automáticas para outras culturas agrícolas, porém, não se encontrou uma máquina no mercado que possua seleção e realocação (raleio) automática de mudas de eucalipto.

Ao longo das etapas de crescimento da muda, pode-se necessitar realocar as mudas entre as bandejas de forma a criar maior espaçamento entre as plantas, isso se faz necessário, pois conforme exista maior crescimento de mudas na bandeja, haverá maior necessidade de aproveitamento de sol para as mesmas (PAINEL FLORESTAL, 2009).

Por fim, a última etapa refere-se à retirada das mudas dos tubetes de plástico (conhecido como desentubetamento) e umidificação destas, com solução a base de uma mistura de sódio, potássio e hidrogênio (NPK). O desentubetamento é realizado de maneira manual (figura 8) e o funcionário deve, ao pegar a muda, em sua última fase de crescimento retirá-la com as mãos e assim colocar numa caixa para expedição, na prática de desentubetamento o funcionário descarta as mudas que não estiverem boas, seja por defeitos (mudas bifurcadas) ou doenças. Em muitos casos o desentubetamento não ocorre no viveiro, mas ocorre no local de plantio, porém tal prática requer uma logística de retorno dos tubetes do campo para os viveiros, o que pode encarecer o processo.



Figura 8 - Desentubetamento manual

Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

A prática de desentubetamento manual causa danos à raiz das mudas, devido ao esforço necessário para descolar o substrato enraizado das mudas de eucalipto do tubete de plástico. Deste modo parte da produção é danificada e leva a perdas significativas no processo. Um funcionário é capaz de desentubar cerca de 12 mil mudas por dia.

O engenheiro florestal Jefferson de Oliveira<sup>2</sup>, especialista em desenvolvimento operacional, que acompanhou o processo, diz que um mapeamento realizado pela sua equipe de qualidade sugere que as perdas devido ao desentubetamento manual, alinhadas às características da cultura, podem levar a cerca de 8% das mortes das mudas decorrentes no campo, o que ocorre principalmente nas primeiras semanas de crescimento em campo.

Ao todo o conjunto de etapas descritas consome cerca de 60 operadores nas atividades básicas de manejo do viveiro, sem considerar a estrutura e logística de pessoas. As máquinas que existem no mercado não automatizam o processo de realocação (raleio) das mudas de eucalipto e também não mecanizam o desentubetamento (retirada das mudas dos tubetes). Sendo que o processo de desentubetamento é responsável por fragilizar e danificar as mudas fazendo-se perder parte de todo o cuidado realizado nas etapas anteriores.

---

<sup>2</sup> Informação dada pelo engenheiro florestal Jefferson de Oliveira (2016) durante visita na empresa Fibria Celulose S/A - Unidade Jacareí.

O ciclo de uma muda no viveiro leva cerca de 60 dias, sendo a maior parte do tempo a muda em fase de crescimento, passando por alguns estágios de seleção. Na maioria dos casos os operadores são mulheres, sendo que um viveiro pode apresentar mais de 90% de sua força de trabalho manual composta por mulheres (PAINEL FLORESTAL, 2009).

### **1.3 Objetivo**

O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento do projeto de uma máquina para automatizar o processo de retirada das mudas de eucalipto dos tubetes de PU com um sistema de umidificação.

O projeto inclui o desenvolvimento da técnica de desentubetamento, o projeto mecânico de fabricação, o diagrama elétrico, diagrama de automação fluido mecânica, dimensionamentos executados assim como os ensaios realizados com a fabricação de um protótipo de prova de conceito.

## 2. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Com o foco em desenvolver um sistema capaz de automatizar o desentubetamento de mudas de eucalipto, a metodologia aplicada neste trabalho baseou-se nas seguintes etapas:

- Visitas a viveiros florestais de mudas de eucalipto.
- Identificação das necessidades do processo de desentubetamento.
- Criação dos requisitos para o projeto.
- Estudo de soluções para processos similares já existentes.
- Concepção do sistema de automatização do processo de desentubetamento.

Na primeira etapa buscou-se entender como é feito o processo manual de desentubetamento das mudas de eucalipto nos viveiros e os problemas decorrentes da retirada manual. Com as visitas foram listadas as necessidades observadas no processo do desentubetamento. Os viveiros visitados foram: Turvo-SC (FLORESTAL, 2013), Suzano-SP, Jacareí-SP e na cidade de Piracicaba-SP (INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS, 2015).

A partir das necessidades listadas alinhado à realidade dos viveiros foram criados os requisitos de projeto que levam ao desenvolvimento das especificações de máquina, isto feito com o auxílio do banco de dados feito por Lopes e Velloso (2015).

Com os requisitos levantados e o entendimento da problemática, buscou-se soluções para processos similares já existentes através da busca por patentes de mecanismos de finalidades similares e através da busca por empresas que atuam no segmento de automatização florestal. A concepção do sistema de automatização baseou-se no conceito de Design Thinking (que é apresentado no subcapítulo 3.5), assim como a integração das partes anteriores, que busca alinhar a necessidade do usuário com a busca de soluções existentes e a rápida prototipagem para validação de conceitos, através da concepção de mecanismos singulares capazes de automatizar cada pequena etapa do processo.

### 3. ESTUDO DO PROBLEMA

#### 3.1 Visitas aos viveiros

Foram realizadas visitas, majoritariamente compreendidas no período dos meses de março e abril de 2016, nos viveiros localizados nas cidades de Turvo-SC, Jacareí-SP e na cidade de Alambari<sup>3</sup>. Além disso, utilizou-se dados coletados por Lopes e Velloso (2015). Privilegiou-se o contato direto buscando focar o entendimento do problema e suas relações com o contexto do viveiro.



Figura 9 - Foto do Viveiro Florestal da Suzano Cia Papel Celulose, Alambari - SP

Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

---

<sup>3</sup> Dados retirados de visita realizada aos viveiros de: Angeloni Engenharia Florestal, localizada na Rua Vereador Haroldo Luiz Dandolini, 661 - São Cristovão – Turvo/SC. Viveiro Municipal localizado na Estrada Teófilo Teodoro Resende, 39 - Jardim Colinas - Jacareí/SP e Viveiro de Mudas Cia Suzano Papel e Celulose – localizado na Estrada Municipal - s/n km 142, 5, Alambari – SP.

Fora observado a retirada manual das mudas de eucalipto e os principais problemas relacionados ao processo de desentubetamento que estão listados nas tabelas a seguir:

Tabela 1 - Problemas identificados com a mão de obra

MÃO DE OBRA
Escassez de mão de obra
Custos ascendentes da mão de obra rural
Falta de pontualidade de funcionários (fator característico entre pequenos produtores)

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Tabela 2 - Problema identificado com a qualidade

QUALIDADE
Falta de padronização
Busca por melhorias na qualidade do produto (característica de grandes produtores)
Perdas devido ao manuseio irregular dos operadores
Carência de aparelhos que auxiliem o serviço
Perda de produtividade e qualidade de manuseio devido ao cansaço e a repetibilidade

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Tabela 3 - Problemas relacionados a condições de serviço

CONDIÇÕES DO SERVIÇO (NR17)
Repetibilidade do serviço, causando lesões nos operadores
Posição de trabalho inadequada, sendo encurvada e prejudicando a saúde física
Condições gerais severas, que levam às queixas dos trabalhadores e dispensas frequentes

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Conforme diagnosticado nas visitas, soluções de máquinas oriundas de outras culturas normalmente são encontradas em fornecedores de outros países como, por exemplo, Flier Systems (Holanda). Contudo os produtores queixam-se da falta de

assistência, dificuldade de adaptação e alto custo dos equipamentos importados. Existe ainda a solução de uso de tubetes biodegradáveis, porém só foi encontrado um fornecedor no mundo que possui a tecnologia<sup>4</sup>, e este tipo de desenvolvimento exige, além do alto custo dos tubetes biodegradáveis, uma infraestrutura própria e complicada, o que impede os produtores de aderir a esta tecnologia no cenário próximo.

Se buscados os dados da maior empresa de produção de eucalipto e papel celulose do Brasil, a Fibria (FIBRIA, 2016), que é uma empresa brasileira líder mundial na produção de celulose branqueada de eucalipto, com capacidade produtiva de 5,3 milhões de toneladas anuais e exporta celulose para mais de 40 países, observa-se o tamanho das carências apresentadas.

A Fibria consome cerca de 700 milhões de mudas por ano, sendo a maior parte produzida pela própria empresa, porém uma parcela significativa ainda é comprada de outros viveiristas. Considerando que a empresa possui quatro grandes viveiros, estima-se (baseado na análise do subcapítulo 1.2) cada viveiro possui cerca de 200 a 300 pessoas trabalhando com os processos manuais em viveiros.

Segundo os próprios viveiristas, o custo da mão de obra varia e depende da região, porém os valores oscilam na ordem de R\$ 200,00 (duzentos reais) a R\$ 250,00 (duzentos e cinquenta reais) por turno de cada trabalhador. Em muitos dos viveiros os trabalhadores são fornecidos por uma cooperativa ou uma empresa terceirizada<sup>5</sup>.

### **3.2 Necessidades do processo de desentubetamento**

Os viveiristas buscam sistemas que melhorem a qualidade e a uniformidade de suas mudas, pois isto aumenta o valor do produto vendido.

---

<sup>4</sup> Sistema conhecido como Ellepot, fornecido pela empresa dinamarquesa Ellegaard.

<sup>5</sup> Dados retirados de visita realizada ao Viveiro de Mudas Cia Suzano Papel e Celulose - Endereço: Estrada Municipal - s/n km 142, 5, Alambari - SP, em abril de 2016.

O processo de desentubetar a muda de eucalipto provoca danos a muda, pois o esforço feito pelo operário é todo transpassado ao coleto da muda. Este esforço é necessário, pois existe uma força de adesão entre a muda e a parte interna do tubete de PU. Essa adesão ocorre devido ao crescimento do sistema radicular da muda dentro do receptáculo de PU.

A maneira correta de desentubetamento de uma muda de árvore nativa exige que a muda seja molhada de modo a garantir que a parte radicular inferior esteja totalmente umedecida e assim ocorre naturalmente um amolecimento do substrato e descolamento (conhecido como desplug) da muda da superfície do tubete de PU. Após totalmente umedecida a muda passa a criar uma resistência menor ao desentubetamento. Ainda é recomendado que o esforço não seja diretamente feito no sistema de caule da muda, e sim que seja feito um esforço de expulsão da muda por de baixo do tubete, ou que seja apertado pelas laterais, o que reduz em muito o esforço necessário ao desentubetamento (AQUINO, 2013).

Um teste de esforço para desentubetamento foi realizado conforme a ilustração da figura 10. Nele observa-se que a muda é posta de forma vertical de cabeça para baixo, e amarra-se uma carga B sobre o coleto da muda. Mede-se a carga B que é capaz de realizar o descolamento da muda, fazendo-a cair. Em 187 mudas testadas, a carga de descolamento chega a 0,4Kgf. Na figura 11 é possível ver um exemplo da força que a muda é capaz de exercer pela adesão do substrato com a superfície interna do tubete de PU.

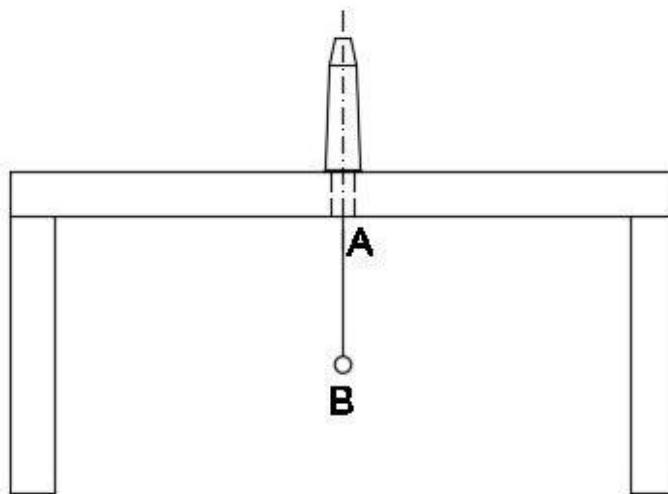


Figura 10 - Detalhamento do ensaio realizado pelo teste de esforço desentubetamento da muda  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)



Figura 11 - Exemplo da capacidade da força de adesão da muda sobre a superfície do tubete  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Como a necessidade de produtividade por operador é muito elevada, conforme descrito no capítulo 1 (mais de 10 mil mudas por dia a cada operário), não é possível que os operadores possam realizar o processo correto de maneira manual.

Assim o processo de mecanização do desentubetamento exige pelo menos os seguintes pontos:

- Desentubetamento de maneira a não danificar as mudas.
- Produtividade por operador superior ao que se existe manualmente.

### 3.3 Requisitos do Projeto

Para o desenvolvimento do projeto, foi necessária a definição dos requisitos que a máquina deverá cumprir. De acordo com levantamento feito por Lopes e Velloso (2015), os produtores levam como fatores primordiais para aquisição de uma máquina, o custo, a eficiência e a baixa manutenção e não consideram importante a aparência ou segurança.

Na tabela 4 pode ser vista a análise da importância das características de uma máquina para produtores rurais e viveiristas, conforme Lopes e Velloso (2015). A nota cinco revela a maior importância em detrimento da nota um que releva a menor importância.

Tabela 4 - Resultado das entrevistas

Característica	Respostas dos entrevistados						Média
Custo	5	4	4	5	5	5	4.7
Segurança	1	2	2	3	1	3	2.0
Aparência	2	1	3	2	3	2	2.2
Facilidade de Uso	5	4	5	4	5	4	4.5
Baixa manutenção	4	4	5	5	5	4	4.5
Resistência ao ambiente	4	5	5	4	5	4	4.5
Eficiência	5	5	5	5	5	5	5.0

Fonte: Lopes e Velloso (2015)

Ainda segundo Lopes e Velloso (2015), os grandes produtores de eucalipto são capazes de produzir mais de 100 mil mudas por dia, produtores médios podem produzir até 60 mil mudas por dia, sendo o regime de produção intermitente e dependente da demanda exigida pelo cliente.

Considerando um turno de trabalho equivalente a 8 horas de trabalho com descansos de 10 minutos a cada 30 minutos trabalhados, em termos de operação um turno de trabalho será considerado como 360 minutos de operação ou 6 horas.

Os requisitos do projeto estão definidos abaixo:

- Vazão: 50 mil mudas por turno numa máquina ou em máquinas que possam ser operada por um único operador.
- Dimensões (máx.): altura de 2,5m e operar numa área máxima de 4m x 4m.
- Transporte: a máquina deve ser facilmente transportada por um reboque.
- Ruído: 87db (NR15).
- Ergonomia: atender a NR17.
- Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (NR12).
- Interface simples de comando.
- Operadores: possuir no máximo um ou dois operadores por 50mil mudas/dia.
- Alimentação: aceitar diferentes tipos de bandejas padronizadas; bandeja de 187 unidades, 178 unidades e 96 unidades.
- Desentubetar sem agredir a muda.
- Peso máximo: soma de reboque e máquina não deve exceder 750 kg.
- Alimentação: 110 v – 220 v AC (60hz).
- Deverá existir um botão de emergência que corta toda a alimentação elétrica da máquina.
- Modular: facilidade de integrar em outros dispositivos (esteiras transportadoras).

Em termos comparativos aos requisitos levantados acima, destaca-se também o ponto relativo a “alimentação automática”: um operador coloca a bandeja na máquina e esta faz a retirada das mudas sem que o operador necessite executar outra ação, ponto de destaque em Lopes e Velloso (2015), que também destaca a importância de um maquinário ser capaz de ocupar uma área máxima de 16m<sup>2</sup> (4m x 4m), que seria capaz de atender as necessidades de espaço de qualquer viveirista.

Com relação aos aspectos econômicos da mecanização, uma das principais questões a serem resolvidas é a qualidade das máquinas onde a aquisição por parte dos produtores representa uma mobilização de capital e a contratação de dívidas de longo prazo que reduzem o desempenho dos empreendimentos. Essa condição reduz o acesso a essa tecnologia para os produtores de menor porte.

### 3.4 Estudos de Soluções Existentes e Patentes

Após a verificação da necessidade relativa ao processo de desentubetamento e aos requisitos mínimos de uma máquina capaz de desentubetar mudas de eucalipto, foi realizada uma busca de soluções existentes que pudessem auxiliar na idealização de uma solução ou adaptação capaz de mecanizar tal processo.

Encontrou-se um dispositivo em Lopes e Velloso (2015) que consiste em um protótipo caseiro para o espaçamento das mudas dentro das bandejas antes do processo de crescimento, saindo de bandejas com 187 mudas para bandejas com 54 ou 36 mudas.

O mecanismo principal é formado por manipuladores robóticos suspensos e por uma estrutura em perfis de alumínio com 4 graus de liberdade. Acionamentos feitos por meio de polias e correias acopladas a motores. O manipulador é feito com o uso de pinças metálicas, como nas figuras abaixo.



Figura 12 - Mecanismo em T para retirada de tubetes  
Fonte: Lopes e Velloso (2015)

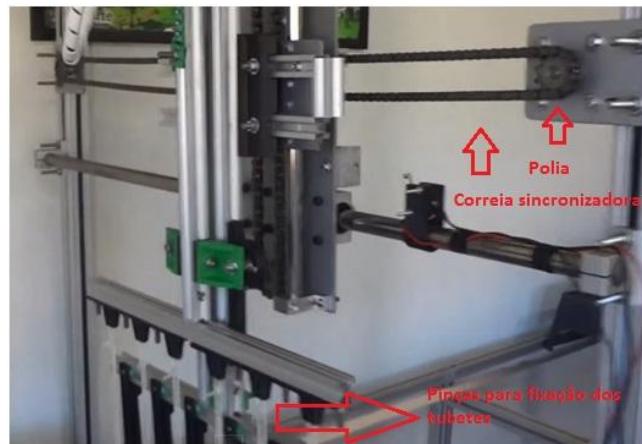


Figura 13 - Estrutura com acionamentos  
Fonte: Lopes e Velloso (2015)

Outro mecanismo encontrado foi uma máquina semiautomática de desplug de mudas de flores. As mudas de flores são despluggedas por debaixo de seu substrato por meio de um pino de madeira que é empurrado para cima por meio de um mecanismo acionado pelo pé do operador, conforme mostram as imagens abaixo. As mudas não ficam em tubetes, elas são plantadas diretamente em uma bandeja contínua e rasa.



Figura 14 - À esquerda bandeja de mudas de flores (plugues) e à direita desplugadora semiautomáica  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Essa solução apesar de ser simples e de baixo custo, não atende as necessidades das mudas em tubetes, pelos seguintes motivos:

- Baixa taxa de desplug, as mudas efetivamente despluggedas não ultrapassam o valor de 75% das mudas. Contudo a produtividade de mudas de flores é muito baixa e isso lhes oferece um ganho real.
- Muitas mudas são machucadas e agredidas, além de diversas doenças serem transmitidas de uma muda a outra.
- Para a utilização da mesma máquina para desplug das mudas em tubetes, seria necessário que os pinos ressaltados fossem maiores, o que em teste danifica muito o sistema radicular das mudas de eucalipto nos tubetes.
- Após o desplug o operador deve retirar muda a muda da bandeja de maneira manual, não aumentando significativamente o ganho de produtividade.

Mas não foi encontrado nenhum mecanismo que desentubeta mudas segundo os requisitos de qualidade exigidos.

Deste modo foi feita uma busca por patentes com o auxílio de um serviço de busca fornecido pela Axonal Consultorial Tecnológica Ltda. O sistema de busca utiliza lógica booleana, e pode-se observar na figura abaixo.

#### SEARCH STRATEGY

SS Results

1	657	((SEEDLING? 1D (REMOV+ OR TRANSPLANT+ OR UPROOT+)) 30D (POT? OR VASE? OR TUBE? OR BOWL? OR CUP?)) /TI/AB/ICLM/OBJ AND A01C-011+/IC/EC/CPC
---	-----	---

Figura 15 - Buscador booleano  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

As Palavras chave pesquisadas foram: seedling, remov, transplant, uproot, pot, vase, tube, bowl, cup.

Foram encontrados 657 resultados compatíveis, porém após a verificação de todos estes resultados observou-se que nada relativo a um processo de desentubetamento foi encontrado.

Exemplos de patentes encontradas:

• **Abstract:**

(WO200849307)

A sequential **pot** **seedling** **transplanter** which comprises a conveyor belt(16), a conveyor drum(18), a **seedling bowl** feed plat(19), a rolling cage, a **bowl** pressing(20), and also comprises a **seedling** lifting mechanism, a transmission mechanism, a **bowl** recovering mechanism and a **seedling bowl** auto-separating mechanism. The transmission mechanism and the **seedling** lifting mechanism eject rice **seedlings** that are fed to **seedling bowls**(30) by the rolling cage, and push the **seedlings** to field via guide tube; the **bowl** recovering mechanism recovers the **seedling bowl**(30); the **seedling bowl** auto-separating mechanism which is under the rolling cage makes connected agrafe on the **seedling bowl** open and the **bowls** drop into reclaiming box on frame.

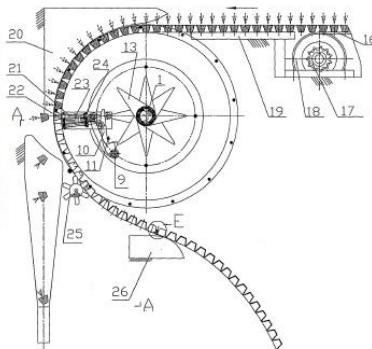


Figura 16 - Exemplo de patente de um mecanismo transportador de mudas com sua descrição  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

• **Abstract:**

(JP01141513)

PURPOSE: To easily and surely perform **transplanting** by **transplanting** a **seedling** having **bowl**-shaped mat while holding it with a spike-shaped holding means to be inserted from the upside. CONSTITUTION: Bottom opened containers 6 are successively sent by feeding rollers 21 and 22, and a **seedling** 7 having **bowl**-shaped mat is pushed out of the container 6 by a push bar 8 and fixed on a puncture needle 16 of a mobile fork 14. Afterwards, the mobile fork 14 is turned downward, and the **seedling** 7 is dropped into a **transplanting tube** 17 by a release fork 19 and **transplanted**.

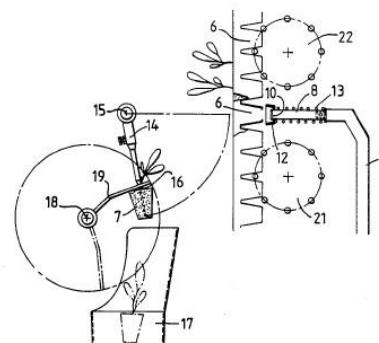


Figura 17 - Exemplo de patente de sacador de mudas com sua descrição  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

• **Abstract:**

(CN103039165B)

The invention discloses an insertion and clamping end executor for **transplanting pot** **seedlings**. The end executor comprises a **seedling** needle push execution component consisting of a **seedling** needle push air cylinder, a square moving pair force application plate, four slide blocks, four **seedling** needle fastening rotation members and four **seedling** needles, and a **seedling** needle guide clamping execution component consisting of a **seedling** clamping air cylinder, a convex air cylinder fixing plate, four fixable slide blocks, eight **seedling** tube fastening rotation members, a force application cross, a thrust lever, four Y-shaped connection blocks, an air cylinder stop block, four **seedling** needle tubes. The **seedling** needle guide clamping execution component of the insertion and clamping end executor adopts the four fixable slide blocks capable of adjusting assembling angles of the **seedling** needle tubes and the air cylinder stop block capable of adjusting swing angles of the **seedling** needle tubes to meet pot transplant requirements of tray **seedlings** in different sizes. The end executor is used for a **pot** **seedling** **transplant** system; a three-degree-of-freedom mechanical arm is mounted; movements of inserting a **seedling** **pot**, clamping the **seedling** **pot**, lifting, releasing the **seedling** **pot**, and separating the **seedling** needles are accomplished; and the different **pot** **seedlings** are clamped and separated in an automatic **transplant** task effectively.

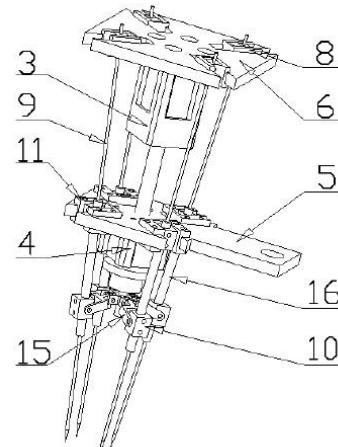


Figura 18 - Exemplo de patente de uma pinça mecânica para transplantes de mudas com sua descrição  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Seguem as principais patentes encontradas, entre patentes nacionais e internacionais, que lidam com sistemas autônomos para mudas e tubetes.



Figura 19 - Principais patentes encontradas  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Esse mapeamento foi útil para conhecer melhor o mercado e principalmente as empresas que atuam nele, porém não tem adicionado muitas informações técnicas relevantes e tem gastado muito tempo.

Algumas conclusões sobre a busca de patentes:

- Crescimento linear de depósitos atingindo um pico em 2013, depois houve uma ligeira queda.
- Compac Sorting Equipament empresa da Nova Zelândia líder mundial em soluções integrais para o setor de produtos frescos em termos de embalagem e triagem, sendo referência em termos de tecnologia e soluções integradas. A empresa possui um representante de vendas na cidade de Limeira - SP, o qual fica responsável pelo atendimento de todo o território brasileiro. Patent Application Number: 20130319815 – Arrangements for transferring articles.

- Maior depositante: Satake empresa japonesa de tecnologia agrária principalmente para arroz, em 1999 é estabelecida em Porto Alegre a Satake América Latina Ltda. (aparentemente não existe mais).
- Ellips multinacional com sede na Holanda e filial nos EUA que oferece somente soluções em software que podem ser integradas com máquinas já existentes. O portfólio da empresa inclui a análise de tamanho, cor e qualidade externa de frutas e legumes. A empresa não tem operações no Brasil (não há nenhuma patente desta empresa).
- Outras empresas: Agritecno Yazaki, Fruitronics, Maf Agrobotic, Hortagro International, Newtec, Selgron, Xeltron, Monsanto, Gerplant Automation.

### 3.5 Busca pela solução

O método de desenvolvimento da solução baseou-se no método de Design Thinking, segundo Silva e Kaminski (2017) é uma metodologia usada por designers para a resolução de problemas complexos de modo a encontrar uma solução que valorize o usuário final e enquadre-las dentro daquilo que é tecnicamente viável. Ainda segundo o mesmo autor, o DT trata-se de um método que permeia as atividades de inovação com foco no ser humano (figura 20).



Figura 20 - Inovação segundo Design Thinking  
Fonte: Silva e Kaminski (2017)

De Silva e Kaminski (2017), existem seis estágios conforme mostra a figura 21, que não são lineares e podem ocorrer de maneira cíclica.



Figura 21 - Etapas do Design Thinking  
Fonte: Silva e Kaminski (2017)

- Observar: inicialmente o objetivo é obter as informações sobre o problema e as necessidades não percebidas do usuário final.
- Definir: após a observação é necessário definir as informações compiladas, as necessidades e já criar teorias à cerca da problemática e sobre a ótica do usuário final.
- Idealizar: gerasse as ideias de solução frente às definições criadas.
- Prototipar: nesta etapa os conceitos importantes, ou pontos que são de necessidade de validação são prototipados de maneira rápida para testar o conceito e validá-lo.
- Teste: posteriormente à fase de prototipação, é necessário validar o ponto de interesse, principalmente frente ao usuário.

Assim conforme o uso do Design Thinking aplicado aos estudos de soluções e requisitos definidos, foi buscado reduzir a complexidade da solução como um todo para pequenas partes que possam ser desenvolvidas, observa-se que a solução como um todo pode ser feita a partir de três sistemas que se integram:

- Sistema que seja capaz de descolar a muda da superfície interna do tubete de PU.
- Sistema capaz de conduzir uma bandeja de mudas de eucalipto até o sistema de descolamento, e que possa conduzir a bandeja para fora da máquina.
- Sistema capaz de retirar as mudas descoladas dos tubetes para fora da máquina, depositando-a em uma caixa para deposição.

Sobre o sistema de descolamento, é necessário que ele não cause esforço no sistema de raiz e caule diretamente. O sistema deverá ser baseado no Aquino (2013) para obter um desentubetamento sem agressão as mudas.

Para o sistema de condução, observa-se a necessidade de utilizar algum tipo de condução por esteira transportadora, seja por correia ou por corrente, pois além de ser um sistema simples, consolidado e de baixa manutenção, é o modo capaz de integrar a máquina com outros processos. Assim como exposto no subcapítulo 3.3, a modularidade e a capacidade de integração com outros sistemas mostram uma vantagem da solução que facilita a adequação nos viveiros. Assim o uso de sistemas de transporte por correia ou corrente é adequado para formar a “entrada e saída” das bandejas do maquinário.

Para a última parte do conjunto, o sistema de retirada de mudas, baseando-se nas soluções existentes em patentes é possível inferir que este sistema deverá ser do tipo de manipuladores em sistema de garras mecânicas. Com a retirada das mudas dos tubetes formada por dois graus de liberdade e um grau de liberdade para a retira da muda da máquina.

## 4. PROJETO

O projeto da máquina de desentubetar mudas de eucalipto é desenvolvido inicialmente em três partes: o mecanismo de descolamento das mudas da superfície dos tubetes (desplug); o sistema de condução das bandejas com mudas de eucalipto; e o mecanismo de retirada das mudas de dentro dos tubetes. Após o desenvolvimento das partes é necessário realizar a integração do conjunto e o projeto de automação do sistema.

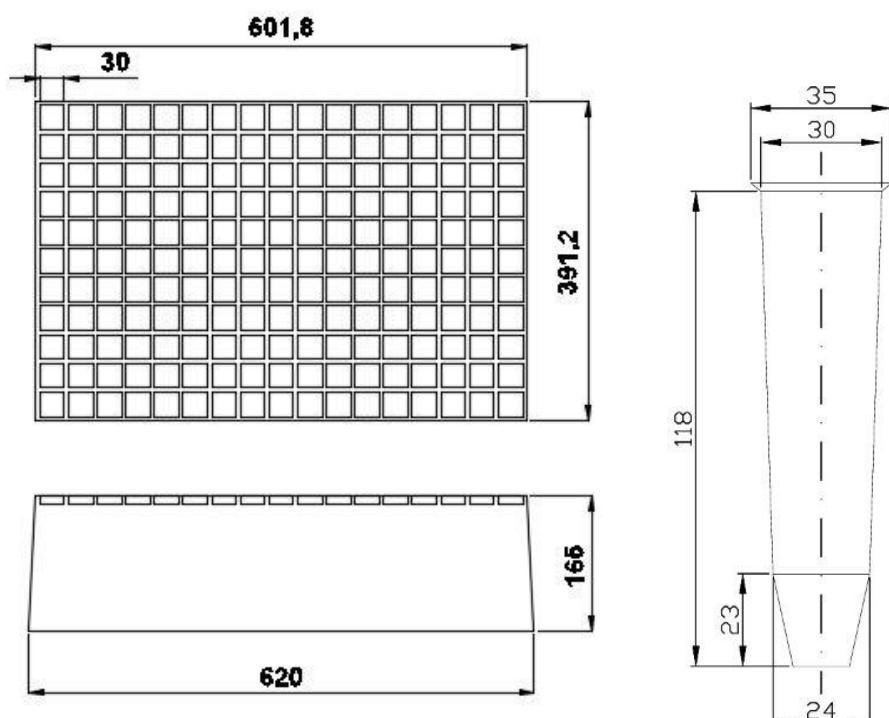


Figura 22 - À esquerda bandeja com medida padrão e à direita tubete com medida padrão  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

### 4.1 Mecanismo de desentubetamento

Sobre o sistema de descolamento, é necessário que ele não cause esforço no sistema de raiz e caule diretamente, como ocorre no processo manual.



Figura 23 - Esforço realizado pelo desentubamento manual  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

Conforme o estudo de requisitos do projeto e soluções existentes optou-se por aprimorar um tipo de bocal, que ao se indexar por baixo de uma fileira de tubetes possa, a partir de algum recurso fluído, descolar a muda enraizada do tubete. Sendo assim um modo de simular o “modo correto” de desentubar uma muda, conforme explicitado no subcapítulo 3.2 por Aquino ( 2013).

Desta maneira será possível desentubar sem danificar a muda. E após o descolamento será possível retirar a muda do tubete de maneira manual ou mecanizada, utilizando técnicas já dominadas de manipuladores mecânicos.

Além de se obter as seguintes vantagens indiretas:

- Possibilidade de criar um sistema dosador na própria máquina.
- Retorno de bandeja com os tubetes já inseridos, eliminando a necessidade de pessoas reinserirem os tubetes de plásticos em bandejas.

Portanto, propôs-se a desenvolver uma técnica de descolamento que não cause danos a muda, e possua uma alta eficiência (conforme requisitos do subcapítulo 3.3). E foram feitos testes com:

- Disparo a ar;
- Disparo hidropneumático;

- Disparo hidráulico;
- Sistema de vácuo.

Os resultados são apresentados nas próximas seções.

#### 4.1.1 Testes de Desentubetamento

Foram adquiridos cerca de 400 tubetes com mudas de eucalipto para realização dos testes.



Figura 24 – Mudas fornecidas para teste  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

Os testes de desentubetamento iniciaram-se com a montagem de um bocal utilizando tubos padrões de PVC, cujo diâmetro interno é de 25,4mm e o uso de anel de vedação facilitaram a prova de conceito, conforme a figura 25.



Figura 25 – Bocal para disparo de ar em tubete  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

Utilizou-se um compressor de 2HP e 22,5L para o teste. Acoplando um tubete com muda por cima do bocal, promove-se um disparo de ar pela abertura e fechamento rápido da linha de ar.

Os resultados foram insatisfatórios, pois boa parte das mudas não se deslocaram do tubete, outra parte se descolou de maneira muito abrupta, saltando até 30cm acima da borda do tubete. Outros tubetes apresentaram vazamentos entre o substrato, o ar a partir do momento que abriu um caminho por meio do substrato, pouco importava a pressão, o ar escapava rapidamente.

Os testes englobaram a variação da pressão de saída do compressor de 1bar até 3,3bar. Em nenhuma das faixas observou resultados eficientes, muito menos um comportamento coerente, pois existiam mudas que se descolavam abruptamente com 1bar de pressão relativa, e outras que não se descolavam com 3bar.

Estes resultados mostraram que um disparo de ar é ineficiente para o desentubetamento, considerou-se uma amostra de 60 mudas. Concluiu-se que a força de descolamento é muito variável de uma muda para outra.

Deste modo elencaram-se outras três alternativas para o processo. Sendo o uso de descolamento de uma coluna de água abaixo da muda, a partir de um golpe de ar numa coluna de água (teste hidropneumático). O uso de um vazo de água para pressurização por bomba hidráulica, e consequente disparo de água (teste hidráulico). E o uso de vácuo para deformação lateral do tubete, e consequente descolamento.

A figura 26 lista o desenvolvimento dos testes até a conclusão da técnica.

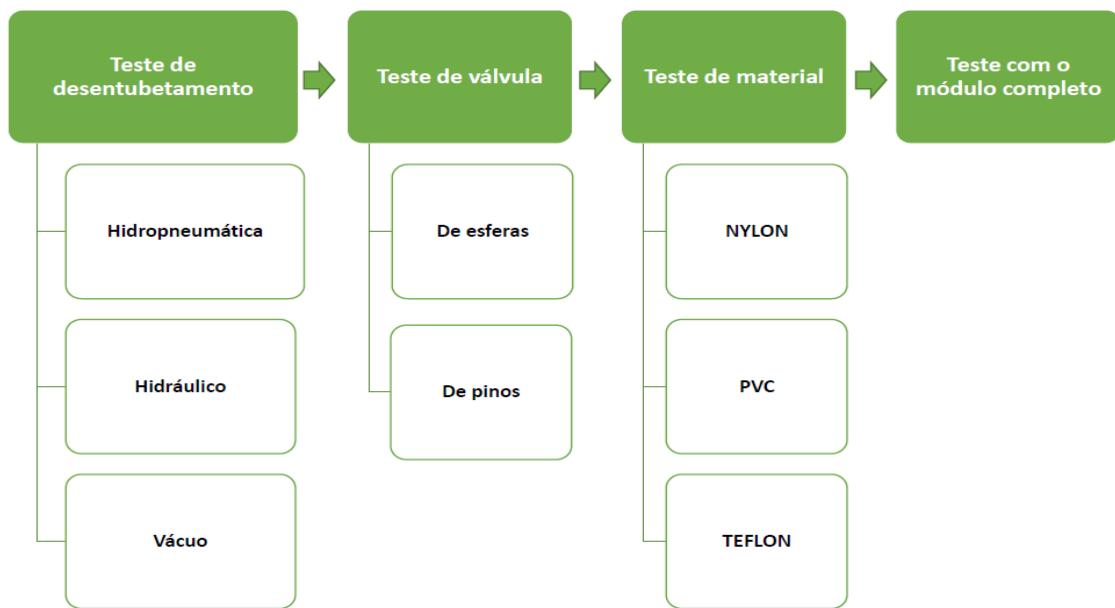


Figura 26 – Sequência de testes para desenvolvimento de nova técnica de desentubamento  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

#### 4.1.2 Desentubamento Hidropneumático

O teste hidropneumático foi realizado com um bocal similar ao teste de ar, contudo utilizou-se uma coluna de água entre o bocal e o bocal do compressor. O conceito do teste pode ser visto na figura 27.

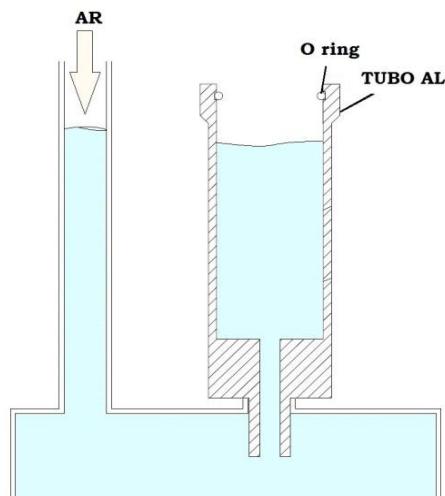


Figura 27 - Conceito do teste hidropneumático  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Utilizou-se um compressor de 2HP e 22,5L para o teste. Acoplando um tubete com muda por cima do bocal promove-se um disparo de ar numa coluna de água, esta é empurrada e promove o desprendimento do substrato, uma vez que o tubete esteja preso.

Os resultados foram satisfatórios, pois boa parte das mudas descolou-se do tubete, as mudas que saltaram, alcançaram uma altura de até 40cm acima da borda do tubete, conforme variou-se a pressão.

Os testes englobaram a variação da pressão de saída do compressor de 1bar até 3,5bar. Observou-se resultados eficientes, com um comportamento coerente, pois as mudas tenderam, em média, a descolar-se do tubete quanto maior fora a pressão imposta.

Estes resultados mostraram que um disparo de ar em uma coluna de água é eficiente para o desentubetamento. Considerou-se uma amostra de dois grupos de 30 mudas.

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 5 - Resultados dos ensaios

Pressão de operação	Material do bocal	Consumo de água por tubete	Número de ensaios	Porcentagem de sucesso
1 bar	PVC	60ml	30	77%
2 bar	PVC	60ml	30	97%

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Um dos resultados de desentubetamento pode ser visualizado na figura 28.



Figura 28 - Muda desentubetada à direita, após teste hidropneumático  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

#### 4.1.3 Desentubetamento Hidráulico

O teste hidráulico foi realizado com uma bomba hidráulica alternativa e um pequeno reservatório de 22,5L.

O conceito do teste pode ser visto na figura 29.

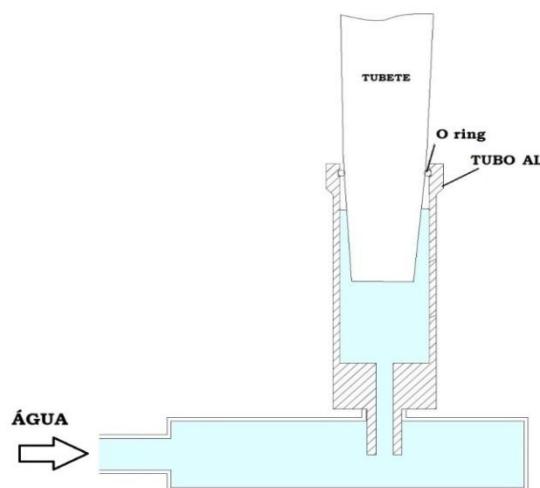


Figura 29 - Conceito do teste hidráulico  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Utilizando o mesmo tipo de acoplamento de tubete com muda, o disparo agora fora feito simplesmente utilizando a própria pressão da água no reservatório.

Os resultados de desentubetamento hidráulico foram similares aos obtidos por teste hidropneumático. Contudo a manipulação do aparato experimental apresentou-se instável. A bomba utilizada, que já possuía um bom tempo de uso, não apresentava variação de pressão, deste modo a regulagem de pressão foi realizada com o anexo de uma válvula na saída do vaso de pressão.

Os resultados para uma amostra de 30 mudas são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 6 - Resultados dos ensaios

Pressão de operação	Material do bocal	Consumo de água por tubete	Número de ensaios	Porcentagem de sucesso
1,5 bar	PVC	>80ml	20	85%

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

#### 4.1.4 Desentubetamento a Vácuo

O teste de desentubetamento a vácuo incluiu uma técnica diferente das demais, o teste foi realizado com o bocal da figura 30. Uma bomba de vácuo de 6cfm foi utilizada nos testes.



Figura 30 - Bocal para teste a vácuo

Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

O conceito do teste pode ser visto na figura 31.

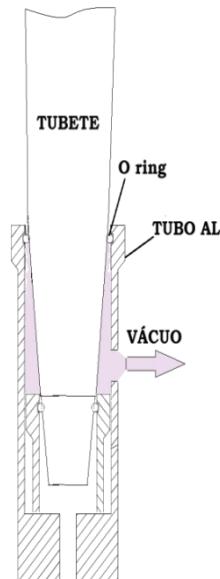


Figura 31 - Conceito do teste a vácuo  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

O teste a vácuo objetivava deformar lateralmente o tubete de PU de modo a descolar a muda enraizada e facilitar a retirada. Na figura 31 observa-se que faz-se o vácuo na lateral do tubete e assim deforma-se o corpo do tubete. A vedação mostrou-se eficiente após o acionamento da bomba de vácuo. O manômetro acusou pressões absolutas abaixo de 0,5bar.

Os resultados foram insatisfatórios, pois a muda após o acionamento não se descolou do tubete, após a queda de pressão por vácuo, a deformação na lateral do tubete foi da ordem de 0,7mm (média de 5 tubetes). Pouco variou o esforço necessário para retirar a muda do tubete, se comparado com o processo totalmente manual.

#### **4.1.5 Teste de Válvula (pino e esfera)**

Todos os testes realizados utilizaram apenas um bocal, com pressão na base do bocal.

Como os melhores resultados foram obtidos com o uso de desentubetamento hidropneumático, foi montado um módulo de três bocais, com acionamento e pressurização do sistema por três segundos, para verificar o funcionamento em série.

Contudo ao realizar o teste utilizando três bocais em série, observou-se dois problemas. O primeiro foi a perda de pressão na linha com o descolamento precoce de uma das mudas, o que despressuriza rapidamente a linha e impede o desentubetamento nos demais bocais. O segundo problema foi o excesso de água que atravessa os bocais durante o desentubetamento (figura 32).

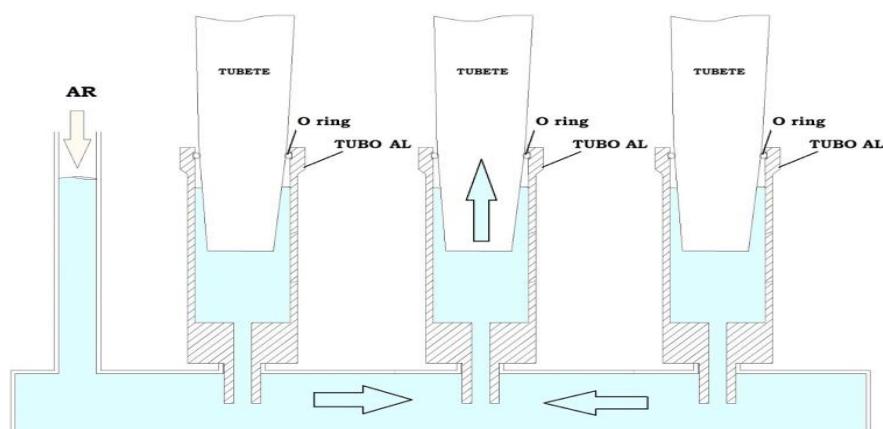


Figura 32 - Bocais em série para desentubetamento hidropneumático. Dreno de pressão ao centro devido a descolamento precoce  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Para solucionar estes problemas buscou-se a confecção de um sistema que veda-se a saída de água logo após o desentubetamento.

Deste modo propôs-se a concepção de dois tipos de válvulas, uma com pino de vedação, a outra com uma esfera interna. Podem ser visualizadas nas figuras 33 e 34.

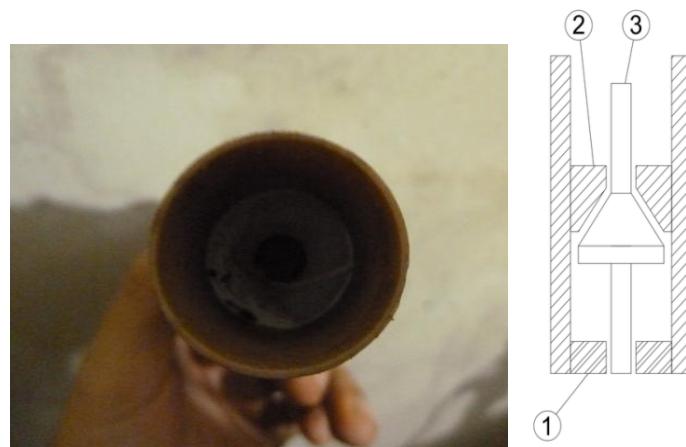


Figura 33 - À esquerda válvula pino, à direita conceito da válvula por esfera  
Fonte: Fotos tiradas pelo autor e desenhos elaborado pelo autor (2016)

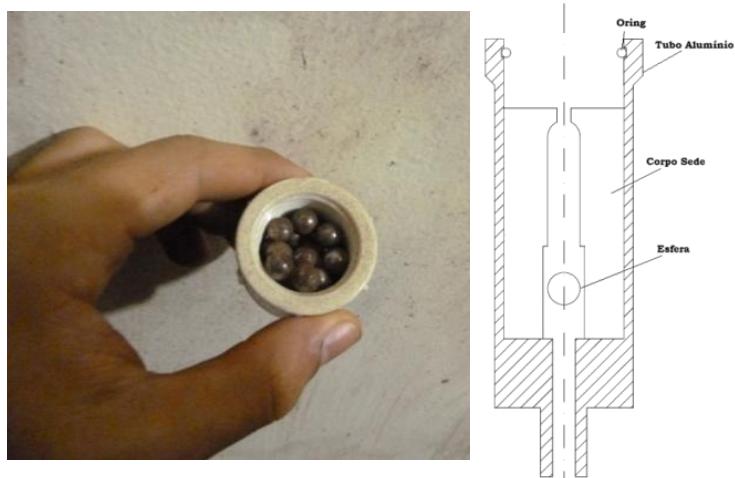


Figura 34 - À esquerda esferas utilizadas, à direita conceito da válvula  
Fonte: Fotos tiradas pelo autor e desenhos elaborado pelo autor (2016)

A válvula de esferas é a mais adequada, com taxa de desentubamento superior a 90%. Foram realizados mais de 40 testes por válvula.

#### 4.1.6 Teste de Vedação

Observação de pequenos vazamentos na sede da válvula levaram a necessidade de se realizar testes com diferentes tipos de materiais para se obter um melhor resultado.

Neste ponto usinou-se peças para a fabricação da válvula em um formato mais conciso com um modelo mecanizável. O corpo da válvula e a bancada são visualizadas a seguir.

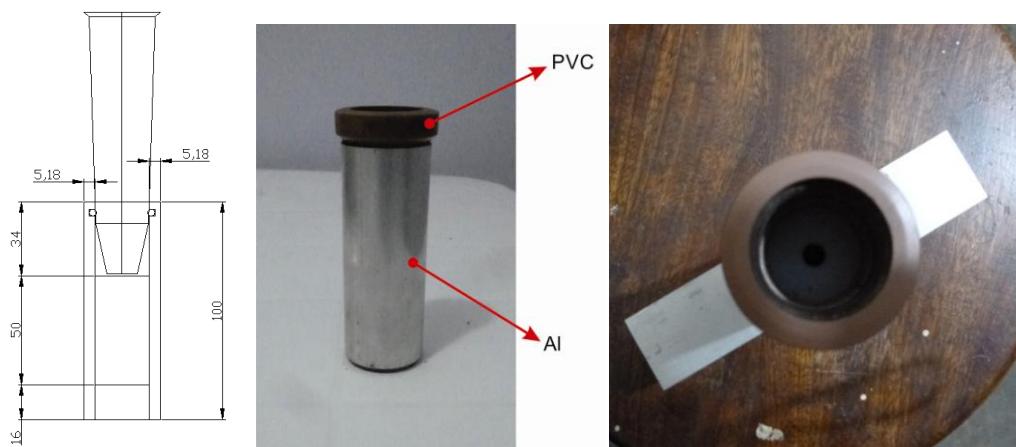


Figura 35 - Bocal fabricado com vedação superior por anel oring  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

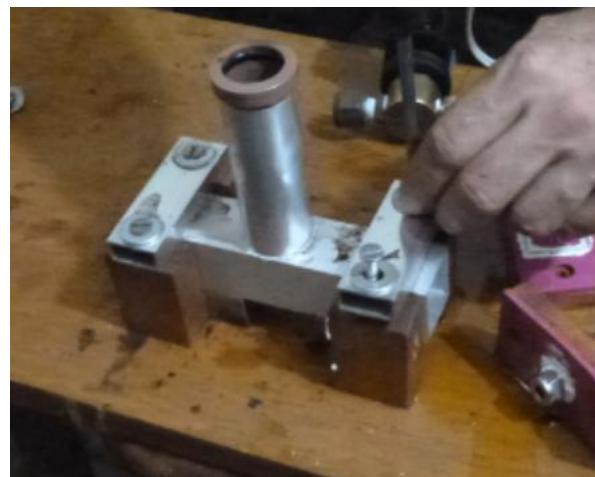


Figura 36 - Bancada sendo montada para teste de vedação  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

Com objetivo de testar o melhor material para vedação da sede da válvula, foram escolhidos para teste o Teflon (Politetrafluoretileno), PVC (policloreto de vinila) e Nylon. A sede pode ser visualizada na imagem 37, onde no desenho técnico é visto a esfera dentro do corpo do bocal (figura 38). Foram utilizadas esferas de 7mm de diâmetro.



Figura 37 - Materiais utilizados na usinagem da sede da válvula  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

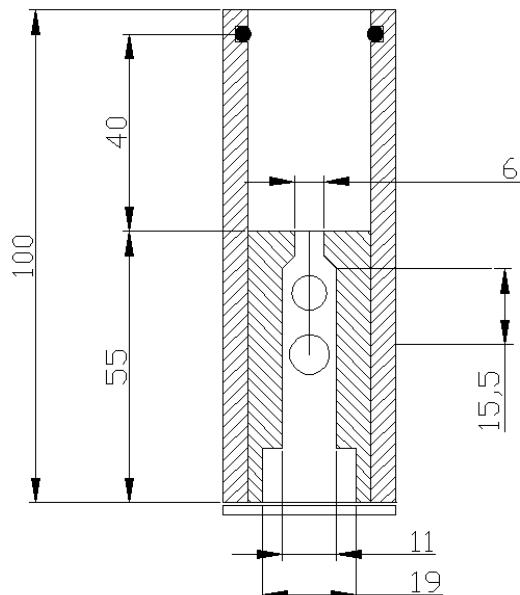


Figura 38 - Ilustração a cerda do corpo do bocal

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

A pressão máxima de operação será de 3bar. Acima desta pressão vê-se aumento insignificante da taxa de desentubamento, além de causar mais danos ao substrato. Deste modo a pressão ideal de operação, no bocal, é da ordem de 2bar.

No teste a pressão utilizada foi de 7 bar, mantendo-se por dez minutos. A vedação por Teflon se mostrou mais adequada, onde observou-se a vedação completa (figura 39).



Figura 39 - Teste de vedação com módulo completo

Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

#### 4.1.7 Teste de módulo com 11 bocais

Após a execução de um bocal com válvula de vedação, e o ensaio para um único bocal, foi feito o projeto para a concepção de uma linha de 11 bocais. Conforme a figura a seguir.

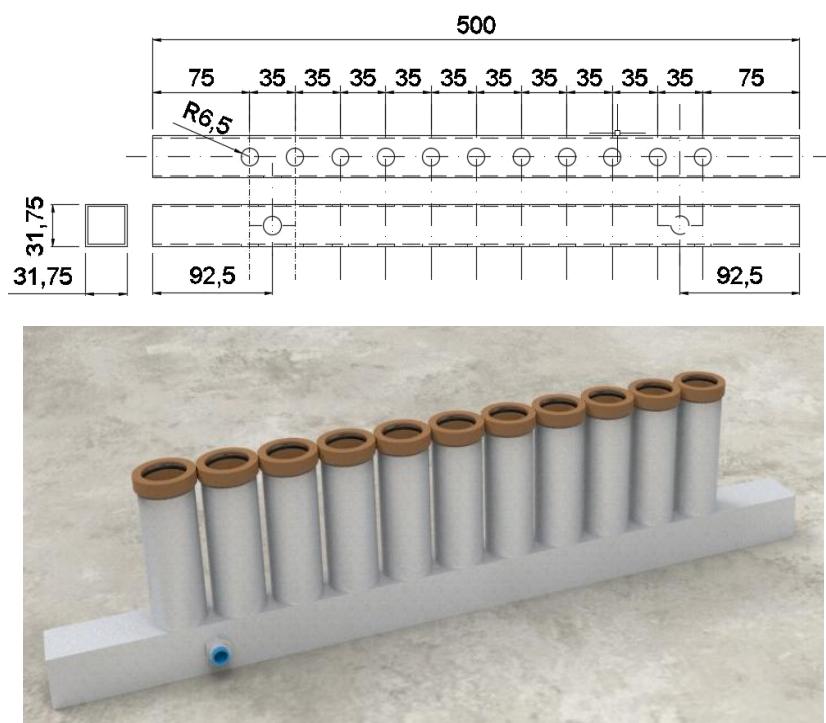


Figura 40 - Acima desenho do projeto de linha e abaixo perspectiva  
Fonte: Elaborado pelo autor e foto tirada pelo autor (2017)

Do projeto passou a construção da bancada de 11 bocais em série, número equivalente de mudas numa linha de uma bandeja padrão de 187 mudas.

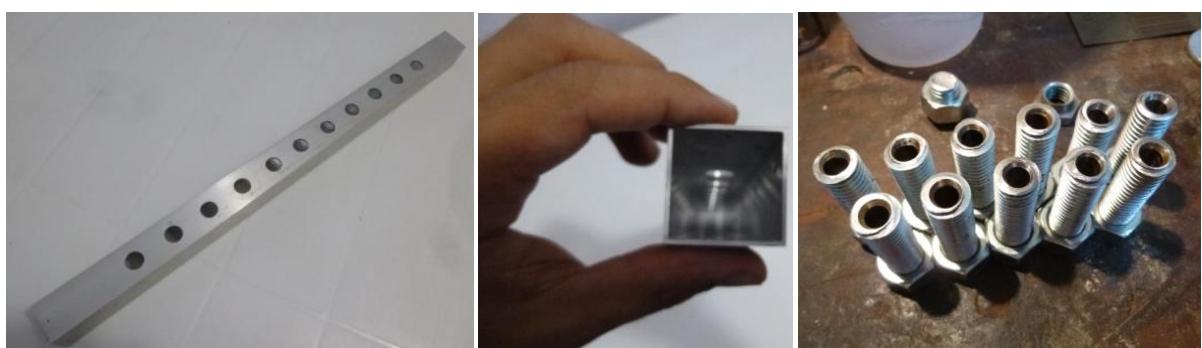


Figura 41 - Barra de alumínio usinada e furos roscados de fixação  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)



Figura 42 - Barra de alumínio fixa com 11 bocais  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

A imagem 43 possui as indicações dos itens da bancada experimental. Sendo estas:

- A. Bocal de desentubetamento.
- B. Estrutura em barras de alumínio.
- C. Linha de purga.
- D. Válvula solenóide.
- E. Botão de acionamento da válvula
- F. Medidor de pressão na linha.
- G. Reservatório de água.
- H. Linha de entrada de ar pressurizado.
- I. Linha do tomador de pressão F.
- J. Medidor de pressão na entrada da linha.

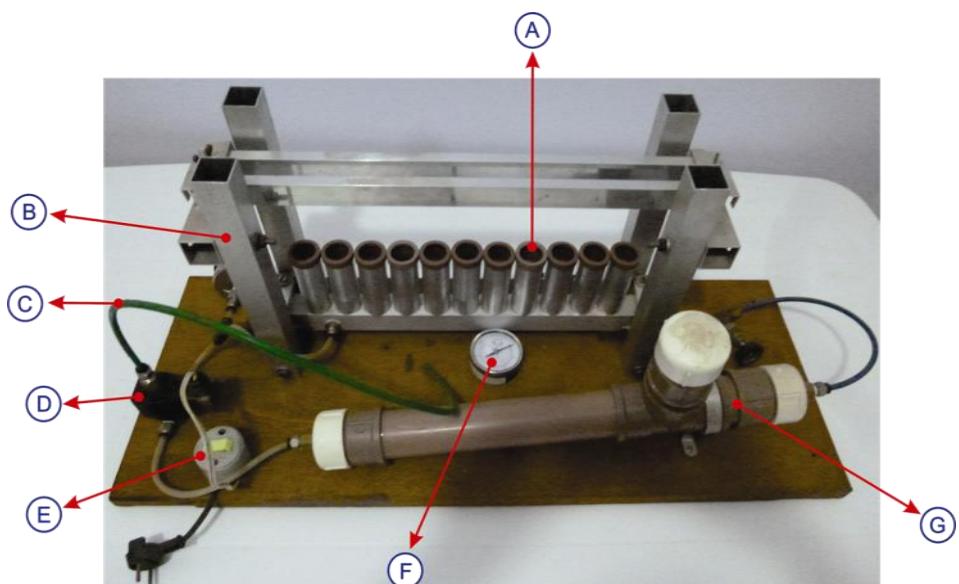


Figura 43 - Protótipo de linha  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

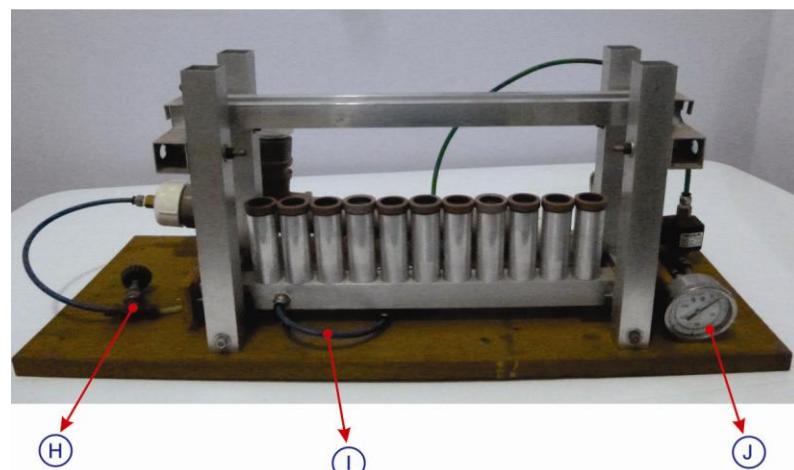


Figura 44 - Protótipo de linha  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)



Figura 45 - Mudas em tubetes  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

#### 4.1.8 Resultados de Desentubetamento

Dos testes realizados a concepção final da técnica de desentubetamento é a utilização de um bocal de alumínio, com sede de Teflon e vedação superior por anel de oring. A válvula por esfera também promoveu uma vedação adequada para os ensaios. A tabela 8 compara de maneira qualitativa as técnicas.

Tabela 7 - Resultado dos ensaios

Técnica de desentubetamento	Resultado
Hidropneumático	Excelente
Hidráulico	Satisfatório
Vácuo	Insuficiente

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

A técnica de desentubetamento escolhida foi a hidropneumática por golpe de ar em coluna de água.

Para ensaios com um único bocal, bancada da figura 44, os resultados estão resumidos na tabela 9.

Tabela 8 – Resultados de desentubetamento hidropneumático com módulo de 11 bocais completo

<b>Material do bocal</b>	Alumínio
<b>Vedaçāo</b>	TEFLON
<b>Consumo</b>	20ml
<b>Rendimento</b>	186/187

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Os testes com o módulo de 11 bocais apresentaram resultados acima do esperado, com mais 9 testes, e 99 mudas desentubetadas. As condições apresentadas foram similares a de apenas um bocal. A pressão de linha ficou próxima dos 2,7bar, acima dos testes individuais

A concepção final do bocal, e de suas partes é mostrada nas figuras 46 e 47. A concepção e medidas foram fundamentais para o resultado apresentado.

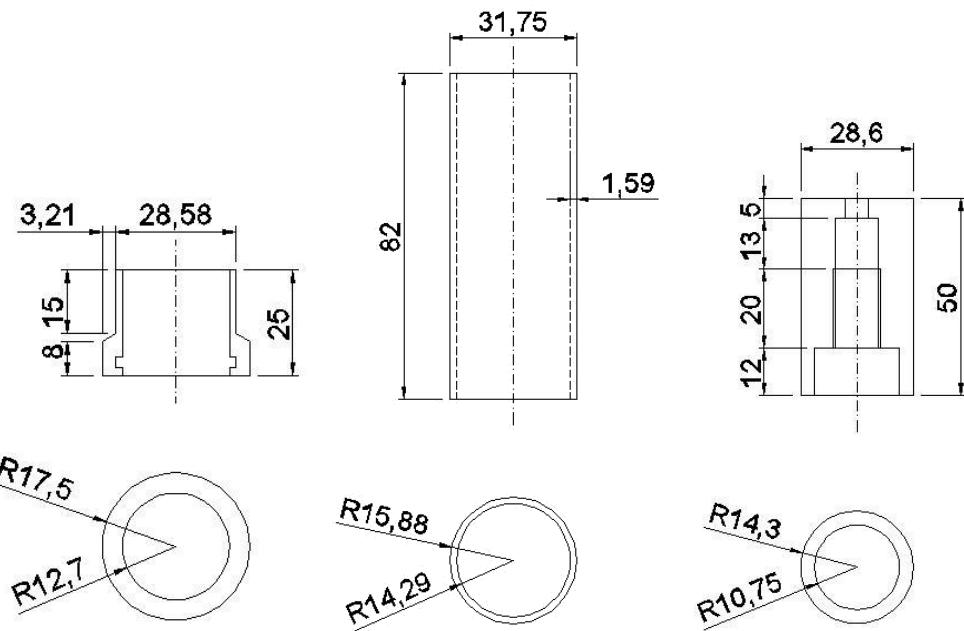


Figura 46 - Dimensões do bocal fabricado e utilizado nos testes  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

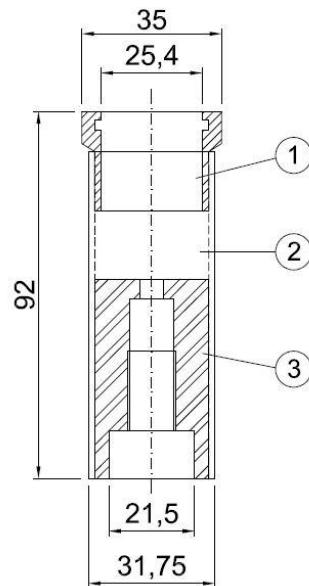


Figura 47 – Conjunto do bocal fabricado nos testes  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

#### 4.2 Mecanismo de transporte de bandejas

O segundo sistema que compõe a solução final é o mecanismo de transporte automático de bandejas de mudas.

O sistema deverá ser do tipo esteira transportadora, tendo como capacidade de posicionar a bandeja de forma precisa um requisito primordial. Assim a concepção

dessa esteira deverá conter um motor de passo, capaz de precisamente conduzir a posição de um objeto qualquer, e o elemento de transporte sendo uma correia sincronizadora que evita escorregamento frente a carga de condução.

A transmissão será por polia sincronizadora de alumínio, e acoplamento entre motor e eixo feito por meio de um acoplamento elástico. O eixo sendo de aço inox (ou tratado para reduzir o custo) possui duas polias sincronizadoras conforme mostra a figura 48.

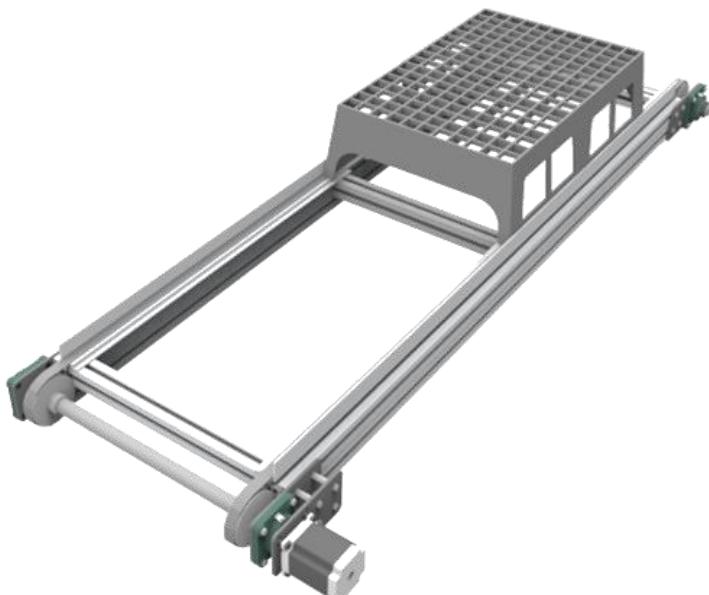


Figura 48 - Croqui do transportador  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

O motor de passo, transportará praticamente uma bandeja carregada por vez, o que significa uma carga máxima da ordem de 9kgf (máxima carga por muda 50g), tendo um coeficiente de atrito da ordem de 0,2 (correia e alumínio) e um diâmetro de polia da ordem de 120mm é possível utilizar um motor de passo com torque de saída de 0,2N.m.

Sensores de fim de curso por rolete serão utilizados para auxiliar no posicionamento da carga e na identificação de carga na esteira, conforme funcionalidade que é apresentada no subcapítulo 4.5.

O transporte da bandeja deverá ser feito pela lateral do elemento, para que tenha espaço interno para o posicionamento dos bocais. Assim é possível utilizar uma corrente em inox ou uma correia transportadora taliscada.

Escolhe-se uma correia taliscada com largura de 18mm e altura de talisca de 15mm conforme a figura 49.

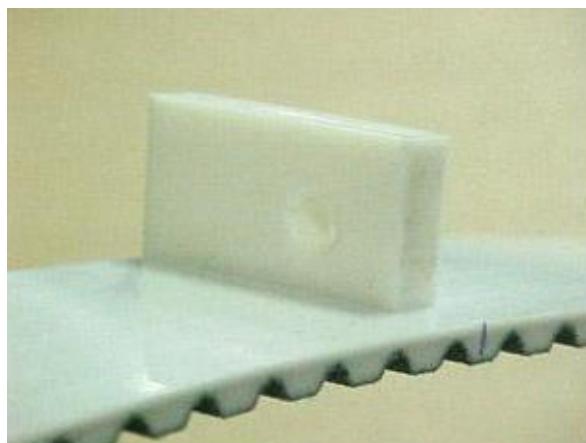


Figura 49 - Correia taliscada  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2016)

O uso da correia segue pelos motivos (apesar da necessidade de maior manutenção):

- Baixo custo.
- Fácil instalação.
- Baixa carga de transporte.
- Velocidade baixa e necessidade de uniformidade.

#### 4.3 Mecanismo de transporte de mudas

Dado que a bandeja, de maneira automática é capaz de transladar e passar a ser descolada linha a linha, agora é necessário que seja feito a retirada de maneira mecanizada a muda de dentro do tubete. O processo de descolamento serve para retirar a força de adesão entre a muda e o tubete, mas necessita de um mecanismo auxiliar que faça a remoção mecânica da muda.

O mecanismo de retirada deve ser:

- Sistema de garras mecânicas.
- Por pressão lateral no coleto da muda.
- Movimentos de atuação simples.

Feito de alumínio, o mecanismo possui um dimensional apresentado na figura 50.

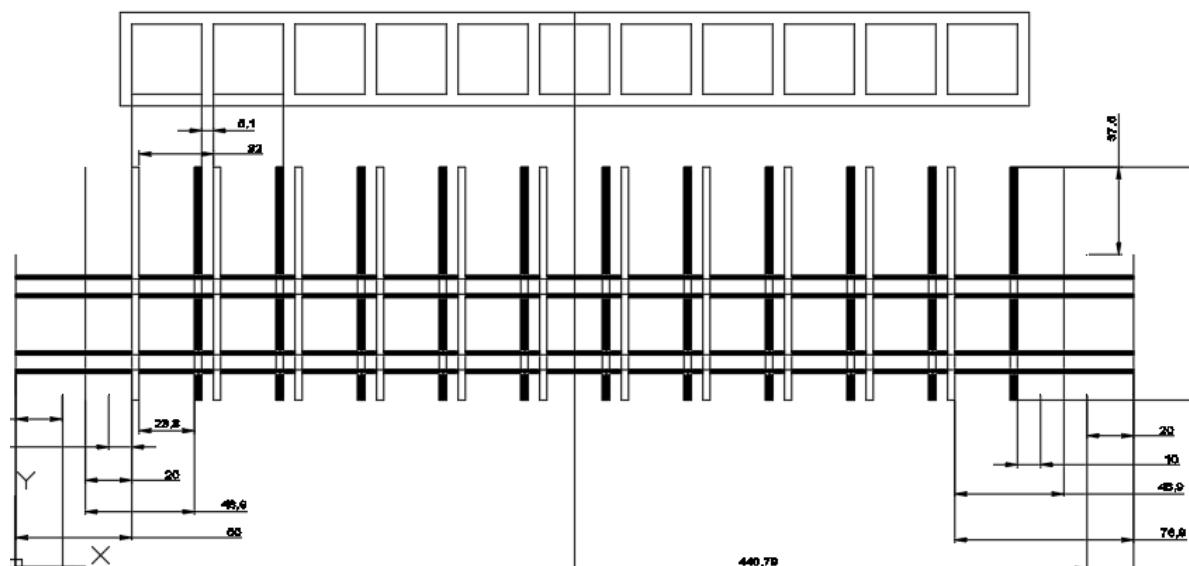


Figura 50 - Esquemático das garras de mudas  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

A imagem 51 mostra visualmente o mecanismo de garras mecanizadas.



Figura 51 - Protótipo das garras laterais  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Assim, o mecanismo funciona fechando e abrindo as garras laterais, criando uma pequena pressão lateral no coleto. Para não causar danos é necessário que o

sistema tenha um material macio entre as peças e que assim possa “elevar sua posição” subindo as mudas, conforme as figuras 52 e 53.

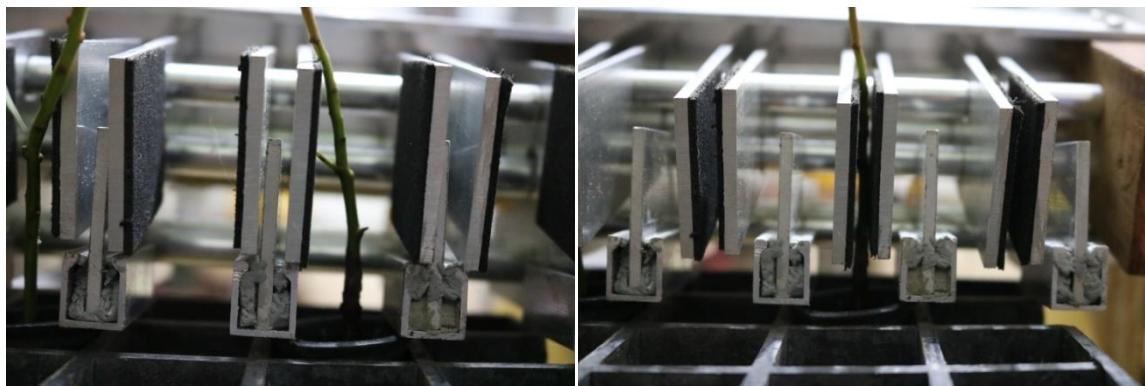


Figura 52 - Protótipo do sistema de garras, à esquerda as garras estão abertas e à direita estão fechadas.

Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)



Figura 53 - Protótipo do sistema de garras em posição de “elevação” de mudas.

Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Contudo mesmo descoladas, as mudas podem subir junto a algum tubete, assim existe o sistema auxiliar de “prende tubetes”, ilustrado na figura 54. Na figura 55 é mostrado o croqui da amplitude de movimento do prende tubetes, que tem como função pegar a borda dos tubetes e impedi-los de subir junto à muda.



Figura 54 - Protótipo do “prende tubetes”

Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

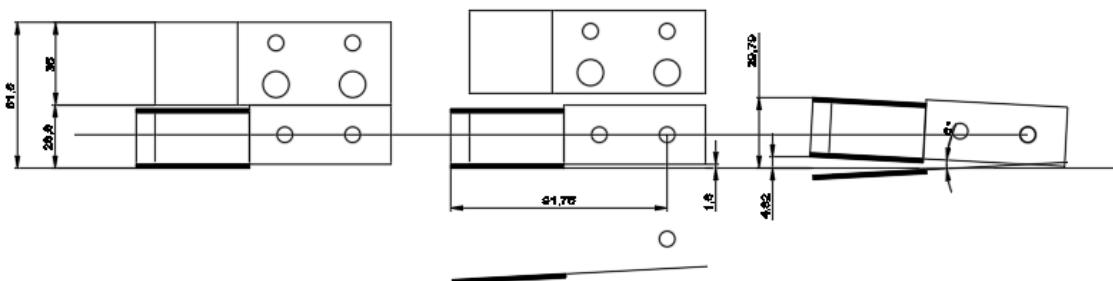


Figura 55 - Croqui sistema “prende tubetes”

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O conjunto se intercala, conforme mostrado no layout da figura 56. Com o movimento das garras na saída apresentado na figura 57.

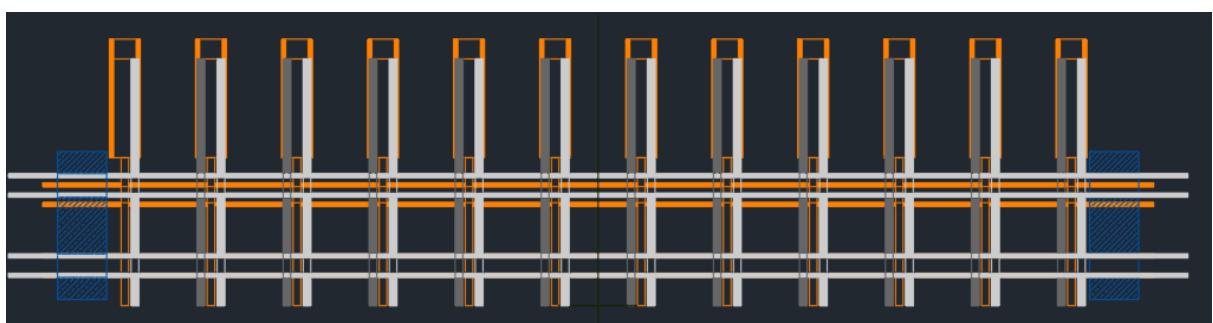


Figura 56 - Layout do sistema de prende tubetes e garras em linha

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

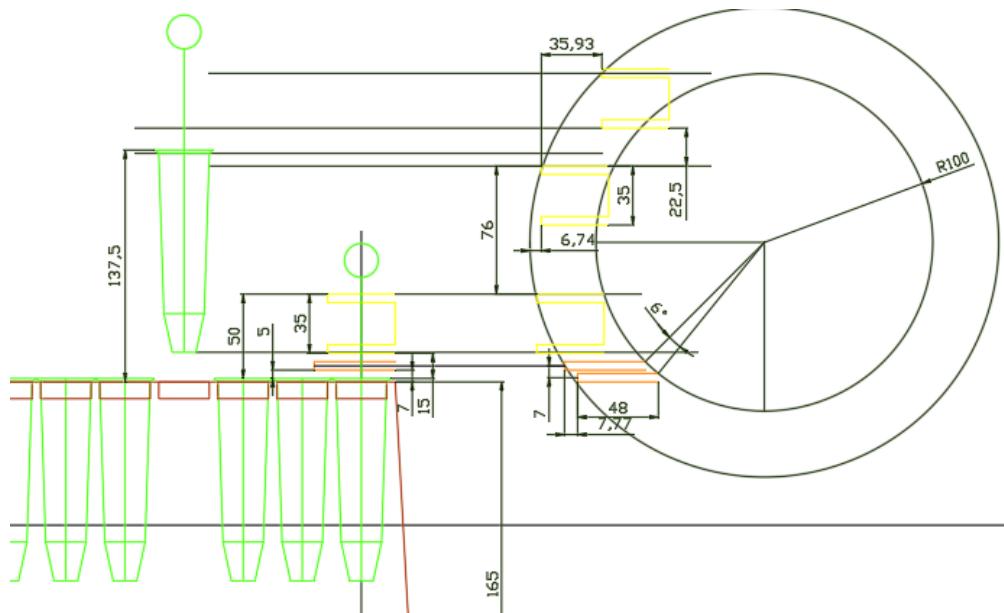


Figura 57 - Movimento ideal da garra, movimento simples de giro  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O sistema mecanizado de retirada de mudas foi prototipado, e é apresentado na figura 58. Após “prende tubetes” segurar os tubetes as garras fecham e sobem junto as mudas, se deslocam lateralmente junto ao mecanismo de “gaveta” prototipado e abrem as garras novamente, possibilitando a queda das mudas fora da bandeja. Feito isto as garras retornam lateralmente a posição inicial e descem (conforme figura 57) e abrem retornando a posição inicial.



Figura 58 - Protótipo do sistema em escala 1:1  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

#### 4.4 Solução proposta

A solução final proposta é apresentada nas figuras 59, 60 e 61. Nela estão presentes os três mecanismos desenvolvidos anteriormente nos subcapítulos 4.1, 4.2 e 4.3.

A máquina é formada por um chassis em alumínio. Com chaparia protetiva se configurando dentro da NR12, painel de comando dentro da NBR5410, mesa auxiliar para deposição de bandejas e uma mesa menor para deposição de caixa onde tem-se a queda das mudas desentubetadas, a saída das bandejas sem as mudas pode ser feita com uma outra mesa auxiliar se for necessário.



Figura 59 - Layout de solução, vista superior do equipamento em 3D.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

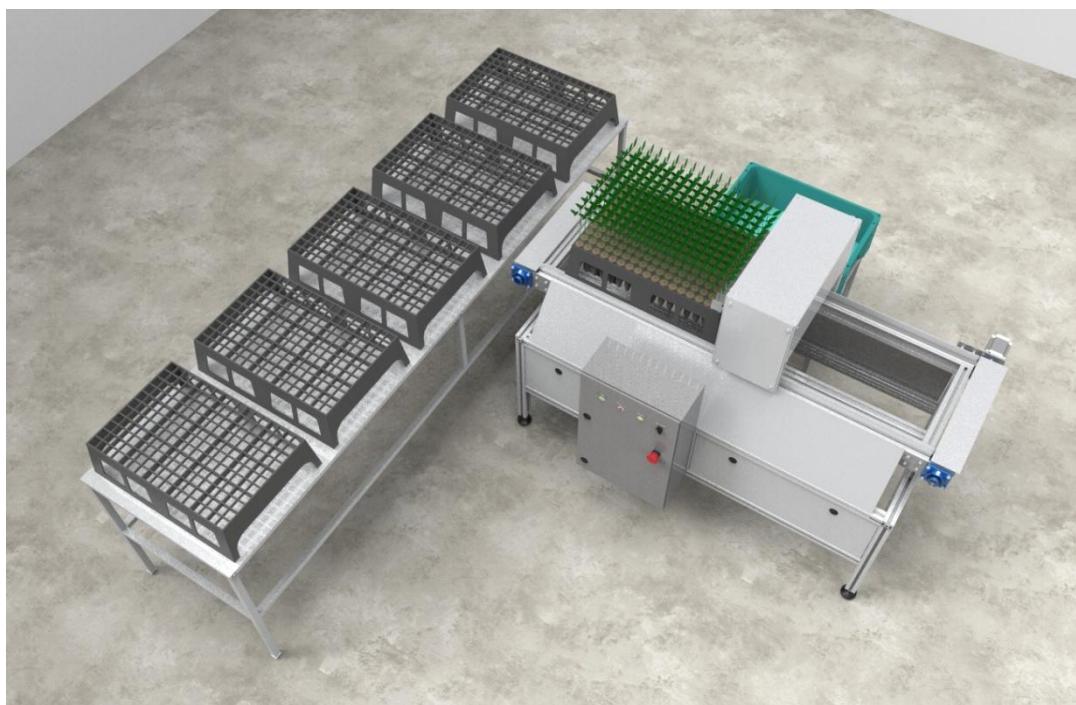


Figura 60 - Layout de solução, vista superior do equipamento em 3D.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

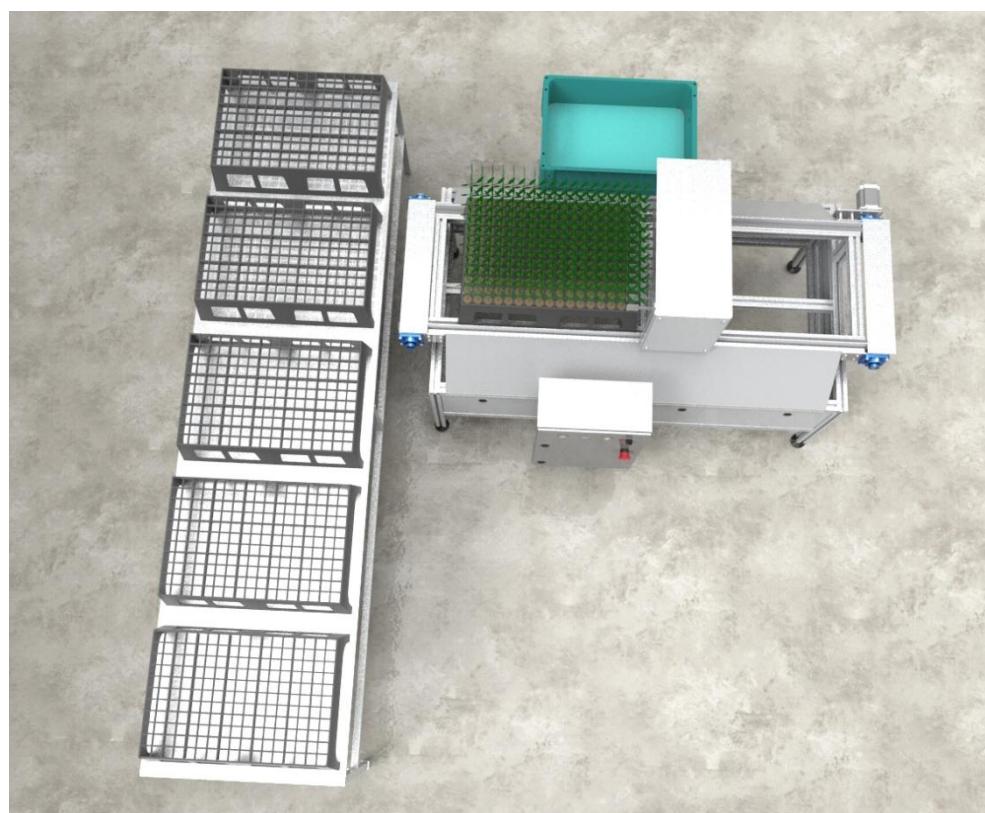


Figura 61 - Layout de solução, vista superior do equipamento em 3D.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O chassis da máquina é feito em perfil de alumínio estrutural. A escolha deste material se deve pelas seguintes características:

- Material leve.
- Modular.
- Manufatura rápida.
- Não exige solda.
- Não exige pintura.
- Mais resistente à corrosão que o aço.

Contudo o uso de perfil de alumínio estrutural exige um serviço que contenha uma mão de obra mais qualificada e uma estrutura capaz de trabalhar com alumínio. O layout do chassis e os dimensionais são mostrados nas figuras a seguir.



Figura 62 - Layout do chassis desenvolvido  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)



Figura 63 - Layout do chassis desenvolvido  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

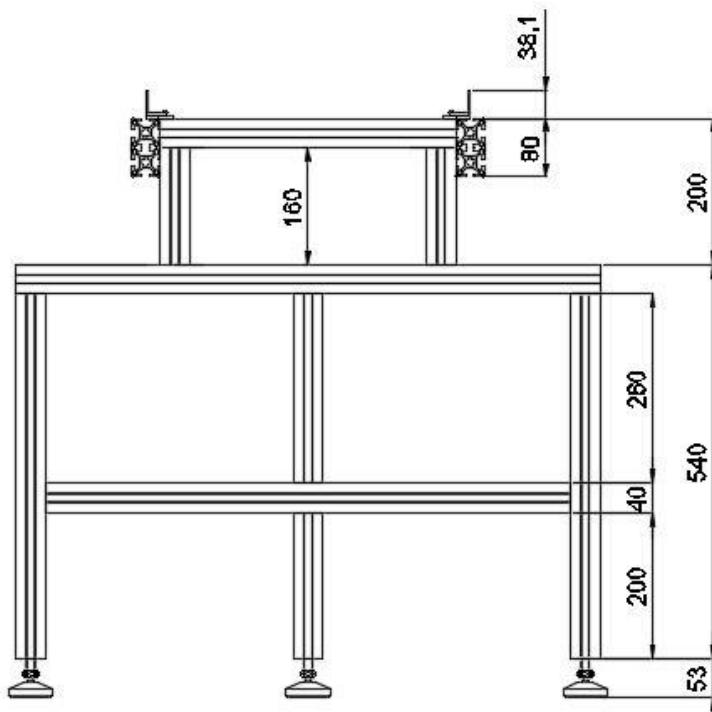


Figura 64 - Dimensões base do chassis em perfil de alumínio estrutura, na vista frontal  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

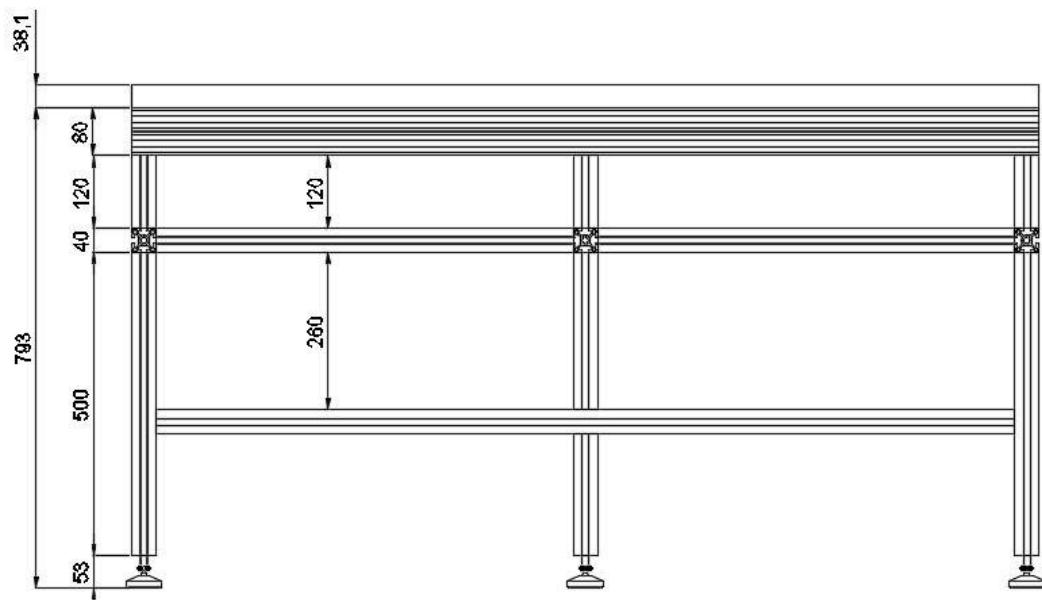


Figura 65 - Dimensões base do chassis em perfil de alumínio estrutura, na vista lateral  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

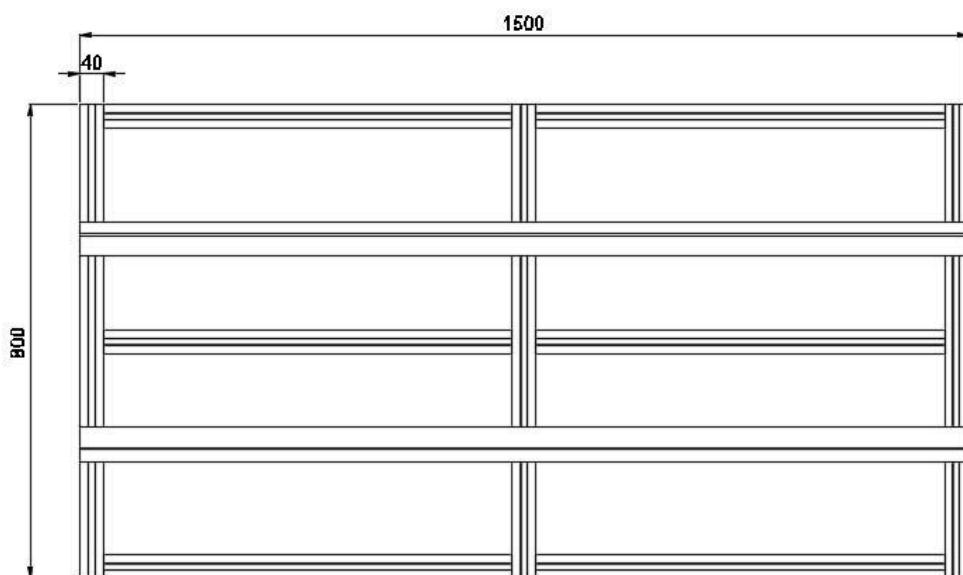


Figura 66 - Dimensões base do chassis em perfil de alumínio estrutura, na vista superior  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Sobre o Chassis é montada a chaparia protetiva e os elementos são dispostos em seu interior. As figuras a seguir ilustram algumas etapas intermediárias do projeto.



Figura 67 - Layout do desenvolvimento da máquina, vista do operador  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)



Figura 68 - Layout do desenvolvimento da máquina, vista por cima  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)



Figura 69 - Layout do desenvolvimento da máquina, vista da parte posterior  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Para assegurar que o chassis é capaz de sustentar os mecanismos e garantir estabilidade à máquina, é feita uma análise de flecha de carga para o caso mais crítico, que é a viga que sustenta os bocais de desentubetamento. Pois caso os bocais de desentubetamento necessitem exercer uma pressão e disparo, a reação à pressão de disparo deverá surtir sobre a estrutura que sustenta os bocais. Um modelo básico da situação é mostrado na figura abaixo.

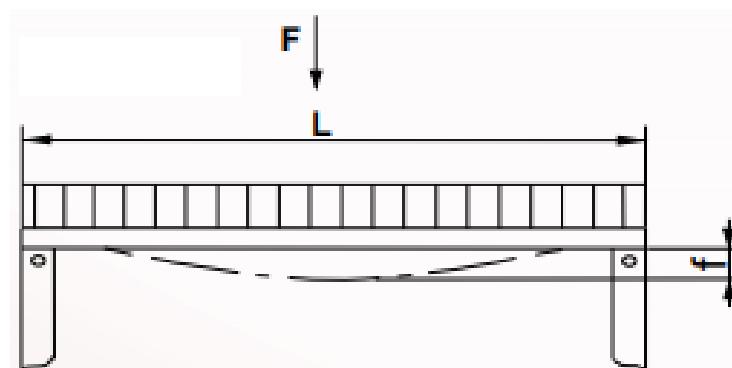


Figura 70 - Estudo da Flecha na viga de alumínio  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

$$f(\text{mm}) = \frac{F(\text{N}) \times L^3(\text{m})}{270,3 \times I(\text{cm}^4)}$$

Figura 71 - Relação de flecha para uma viga igualmente carregada  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Considerando a relação de flecha da viga, e a carga máxima descrita na tabela a seguir:

Tabela 9 - Caso limite por disparo

<b>Pressão</b>	200000	N/m <sup>2</sup>
<b>Área</b>	0,000254	m <sup>2</sup>
<b>Numero</b>	11	
<b>Força</b>	559,548	N

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Considera-se:

- Vão livre de 500mm.
- Flecha admissível: 0,2% do vão livre = 1mm
- Carga da pressão no caso limite: 560N
- Usando-se o perfil 40x40 =  $I = 6,9 \text{ cm}^4$

**Flecha resultante: 0,03mm** do Vão livre de 500mm.

Para os demais itens da máquina, separam-se os seguintes grupos de destaque:

### PNEUMÁTICA:

- Alimentação de ar: Compressor um estágio (pistão), máximo de seis disparos por hora, vazão de 6pcm, 150L e classe de pressão até 8bar.
- Pistão para “subir bocais” e disparo de ar para desentubetamento.

### HIDRÁULICA:

- Consumo de até 200ml por disparo, máximo de 0,5L/minuto, nível mínimo de 1Litro.
- Vaso hidráulico de 10L, em inox 360l.
- Vazão da bomba para alimentar: 30L/hora.
- Bivolt, acionada por sensor de nível.

## MOTORES:

- Motor de passo, torque de saída: 0,2N.m.
- Gaveta: DC, com fim de curso.

### 4.5 Sistema de automação

A automação do sistema é comandada primordialmente por uma controladora lógica programável (CLP), com capacidade de utilizar um programa lógico formado por operadores lógicos do tipo E ou, com o uso de entradas (Inputs) e saídas (OutPuts) digitais (nível High em 24Vcc).

Com o auxílio de uma fonte chaveada de saída de alimentação em 24Vcc, é possível alimentar a CLP e consequentemente o sistema lógico.

A CLP utilizada é do modelo CLP Micro 850 (Allen Bradley). O painel elétrico a ser inserido o projeto é seguindo a classe de baixa tensão, se adequando às normas NR10, NBR5410 e NBR60439, com classe de manobra II.

O layout da CLP utilizada é descrita na figura a seguir.

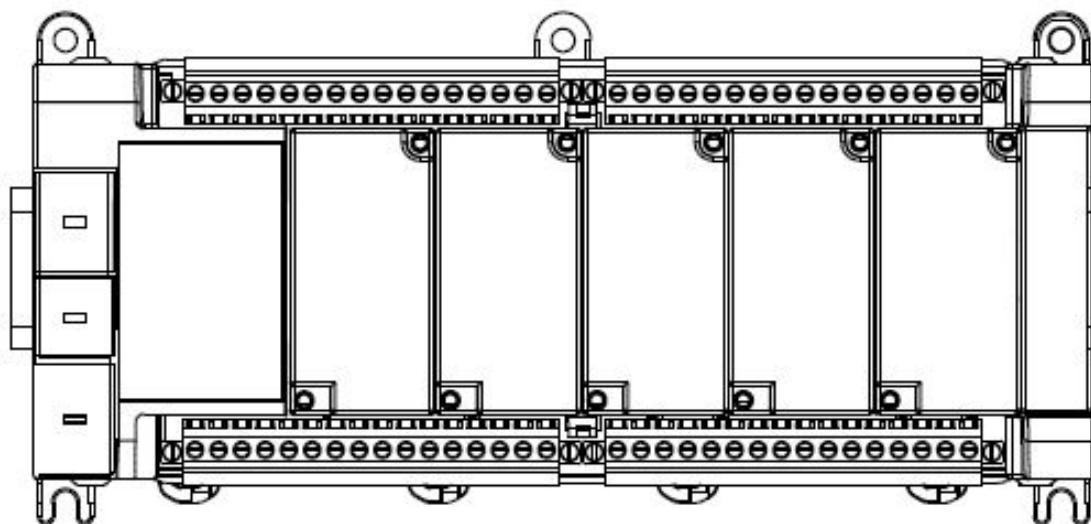


Figura 72 - CLP micro 850  
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Do projeto do painel elétrico é necessário um circuito de potência inicial, conforme a figura 73, onde se tem a entrada de tensão alternada em 220VAC, e os protetores de surto e curto: IR e DR, assim como os disjuntores de distribuição.

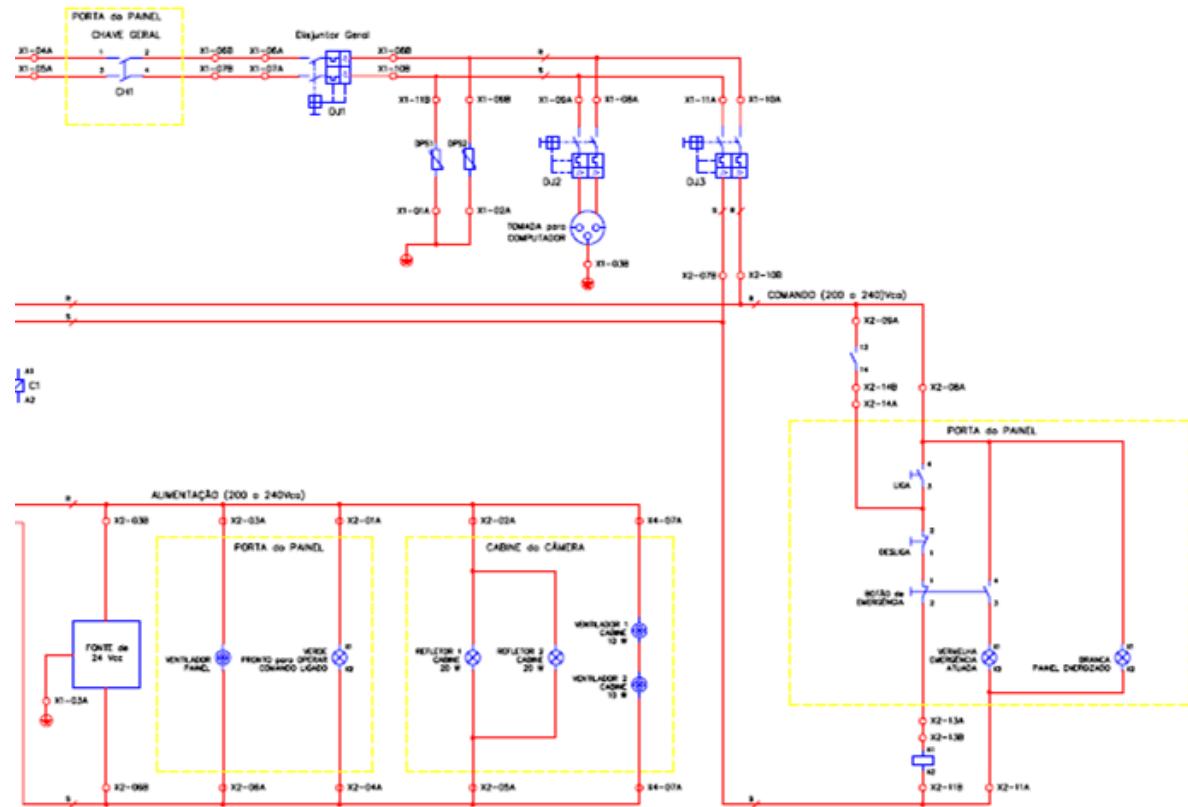


Figura 73 - Sistema de alimentação e Proteção  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Os sensores de fim de curso são os elementos responsáveis pela sincronização das partes do sistema assim como responsáveis pelo ordenamento das funções que o CLP necessita executar (figura 74).

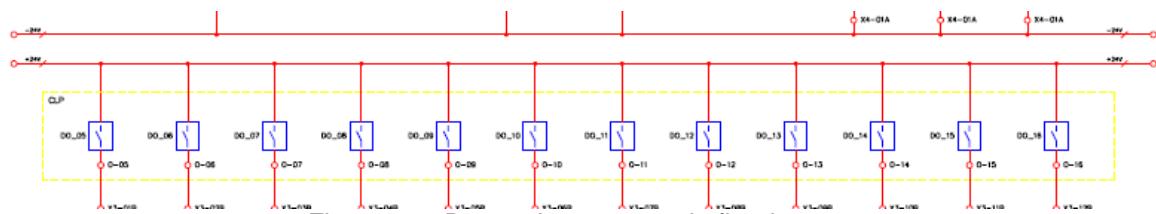


Figura 74 - Banco de sensores de fim de curso  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O CLP necessita assim como os Inputs e OutPuts da alimentação em corrente contínua (figura 75).

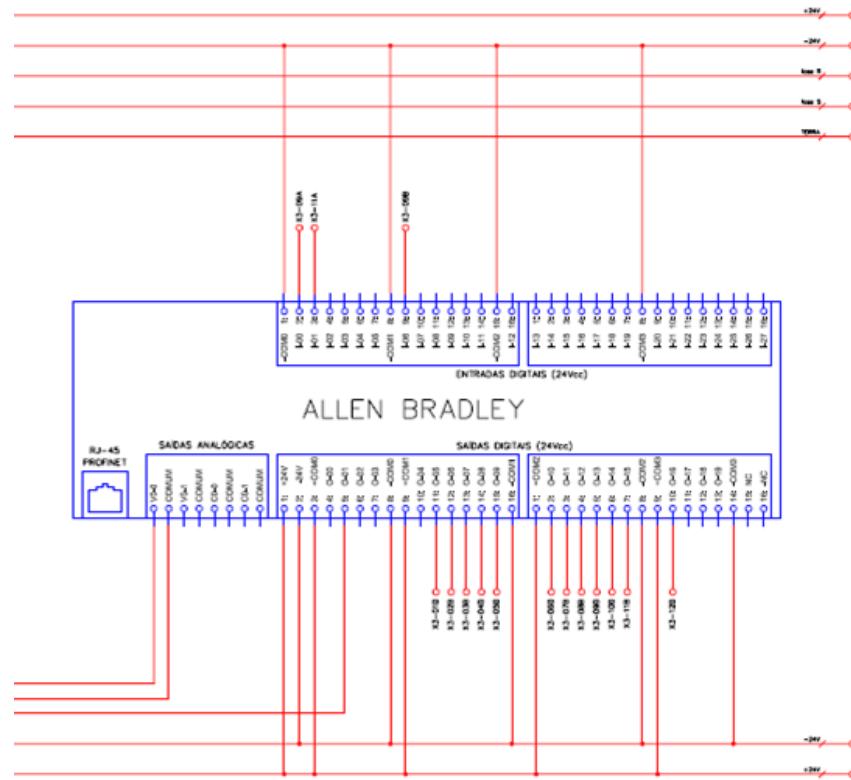


Figura 75 - CLP e uso de saídas e entradas digitais  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Na tela gráfica de operação da controladora lógica, é possível ver os pontos de ent

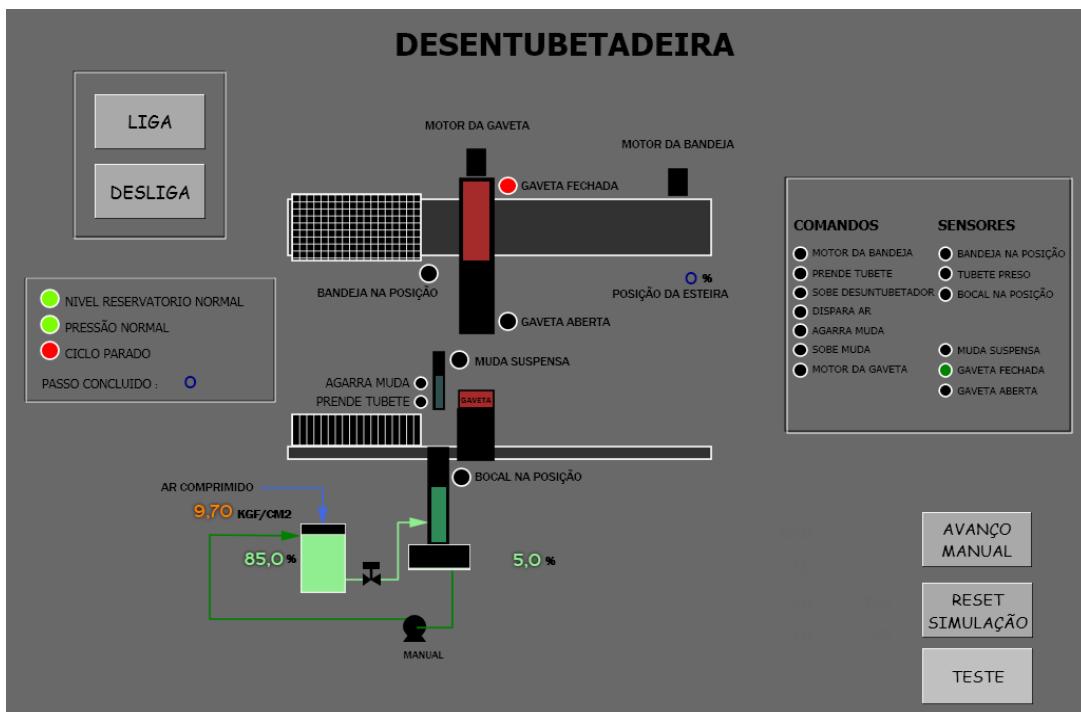


Figura 76 - Tela gráfica de operação, posição inicial  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

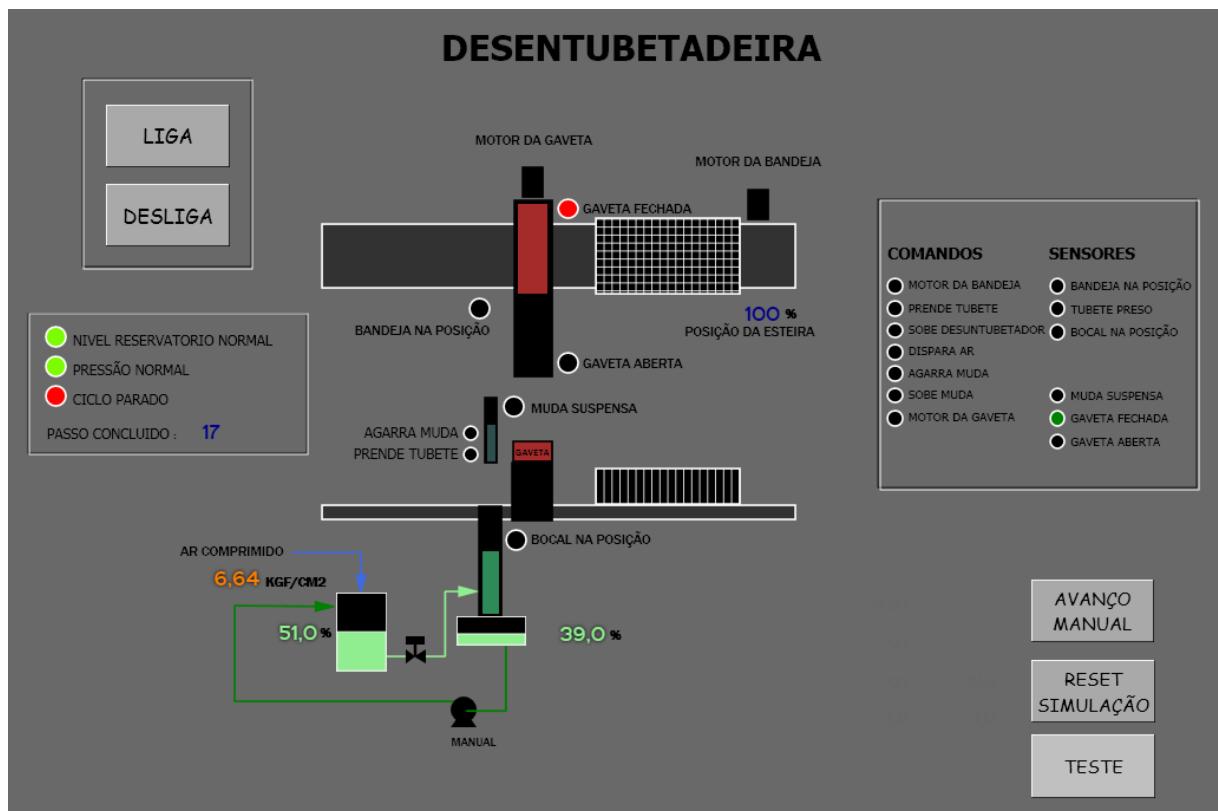


Figura 77 - Tela gráfica de operação, posição final

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Na tela gráfica de operação da controladora lógica, é possível ver os pontos de entrada e saída da bandeja e os sensoriamentos utilizados. A lógica foi feita com o uso do diagrama de blocos lógico da CLP, e a lógica quanto a simulação estão disponíveis no apêndice.

Um trecho do diagrama de tempos é mostrado abaixo.

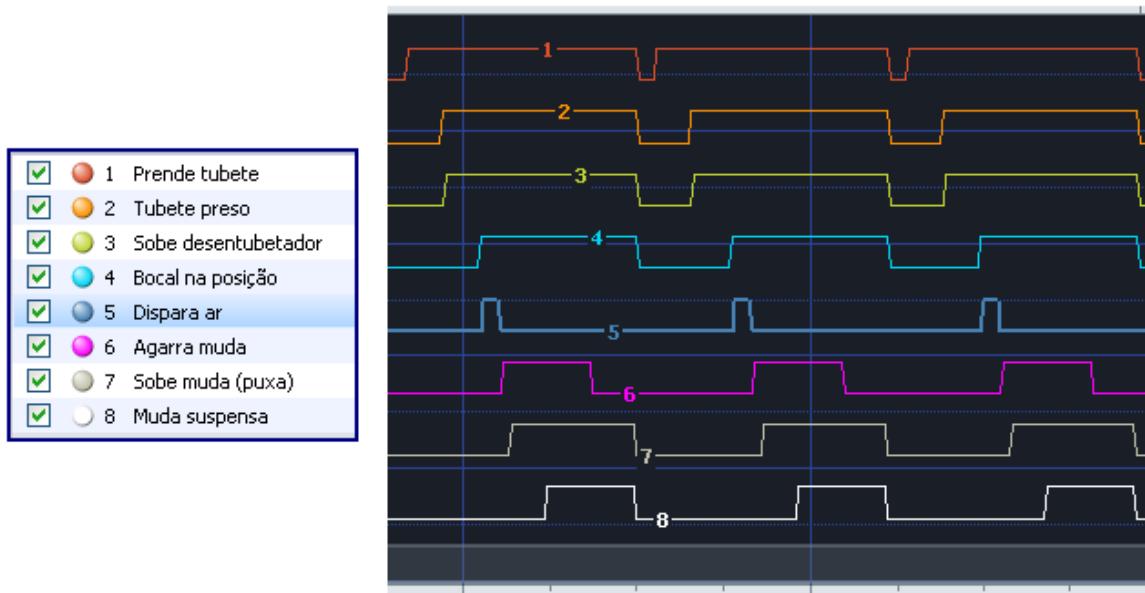


Figura 78 - Diagrama de tempos do processo de desentubetamento.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

No diagrama de tempos, é possível observar os ciclos de desentubetamento que ocorrem no processo como um todo (figura 78).

Após a bandeja ser posicionada de modo a uma nova fileira de tubetes se encontrar na linha de ação dos bocais o ciclo se inicia, o sistema de “prende tubetes” abaixa (tempo 1) e prende as abas dos tubetes (assim os tubetes não se mexem e saem do lugar em relação ao processo de desentubetamento), após isso um rolete de fim de curso é acionado (tempo 2) e aciona um Input (I-01) da CLP, a CLP utiliza um OutPut (O-01) para acionar a válvula de comando do pistão pneumático que eleva os bocais (tempo 3) até a posição de desentubetar, onde um outro rolete acusa que os bocais estão na posição correta (tempo 4), levando novamente um sinal a um Input (I-02) da CLP que aciona o OutPut (O-02), a válvula pneumática de disparo de ar para desentubetar (tempo 5). Após o disparo de ar o mecanismo de garras aciona, agarrando as mudas (tempo 6), após isto sobe o mecanismo retirando as mudas de dentro dos tubetes (tempo 7), e o rolete de subida das garras é acionado, levando ao Input da CLP (I-03).

Deste modo o sistema volta à posição incial, com a descida dos bocais, levante do “prende tubetes”. Enquanto isso o mecanismo “gaveta” leva as garras a posição de

saída da máquina (acionando um fim de curso), onde se depositam as mudas numa caixa com a abertura das garras, e assim a gaveta retorna e desce as garras a posição inicial.

Feito isto se inicia o ciclo com o andar da bandeja sobre um número de passos do motor de passo. O motor de passo é acionado através do módulo de passos da CLP, conforme citado anteriormente.

#### **4.6 Sistemas auxiliares**

Duas estruturas auxiliares complementam a solução como um todo, é a mesa de deposição de bandejas e a mesa para deposição das mudas desentubetadas. Estas estruturas são simples e do ponto de vista fabril não necessitam serem fabricadas juntas à estrutura principal, assim como não exigem mão de obra qualificada ou custos elevados.

As mesas auxiliares para deposição das bandejas de mudas de eucalipto ou caixas, são feitas em perfil quadrado de aço SAE1020 de 25mm de lateral, espessura 0,9mm, com tampo em chapa de 1,25mm (numeração ABNT para chapas finas: 18). Como a estrutura não deverá suportar muita carga, cerca de cinco bandejas de uma vez, e deverá ser feita a baixo custo, deverá utilizar-se de solda MIG, devido ao seu baixo custo e ao fato de ser comum de se encontrar em serralherias (tipo de manufatura adequada ao baixo custo e baixa precisão de dimensionamento). As dimensões e as vistas são mostradas nas figuras abaixo.

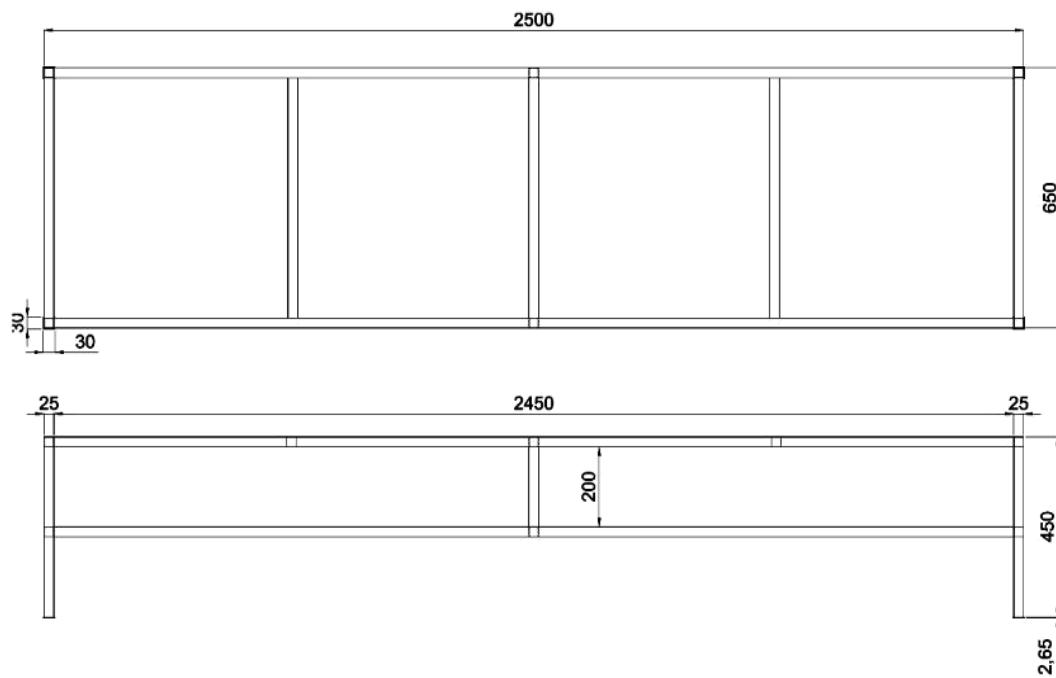


Figura 79 - Dimensões da mesa auxiliar  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

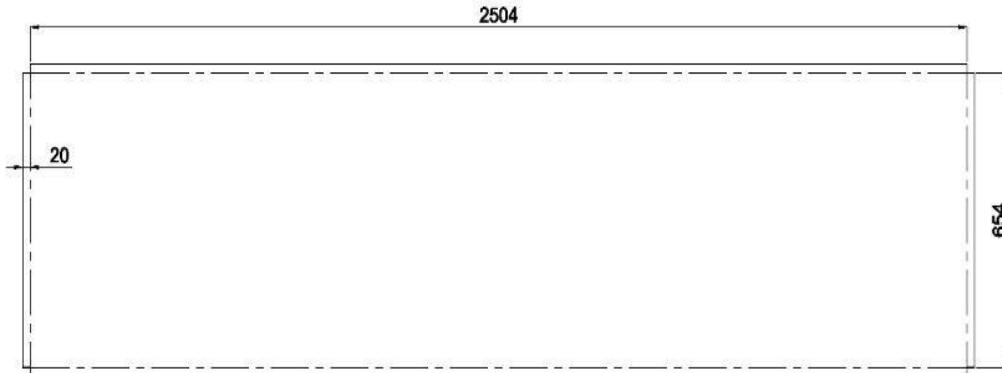


Figura 80 - Dimensões do tampo em chapa de aço de 1,25mm  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)



Figura 81 - Perspectiva da mesa auxiliar  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)



Figura 82 - Perspectiva da mesa auxiliar com as bandejas

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Como o uso das mesas auxiliares são para apoio de bandejas ou caixas, o uso deverá provocar impacto e riscos devido ao arrasto pelos operários das bandejas. Assim para a proteção e acabamento da estrutura optou-se pela pintura eletrostática, que é realizada através da pulverização de tinta em pó formada por cerca de 30% de pó de epóxi e 70% de poliéster. A espessura da camada para aplicações mais severas de proteção chega a 130 micrometros. O pó adere ao metal por meio eletrostático, com necessidade de colocação das peças em estufa para que a película possa passar pelo processo de cura, a cerca de 190 graus centígrados, o que garante uma distribuição uniforme garantindo resistência maior ao choque e esforços mecânicos. (ATEEI EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS INDUSTRIAIS LTDA, 2014).

O desenho de fabricação pode ser visto nos apêndices, a cor optada foi a RAL7035. A fixação do tampo no chassi da mesa é feita por meio de parafusos auto brocante sextavado (cabeça de 10mm) por ser de fácil uso e por agilizar o processo de montagem.

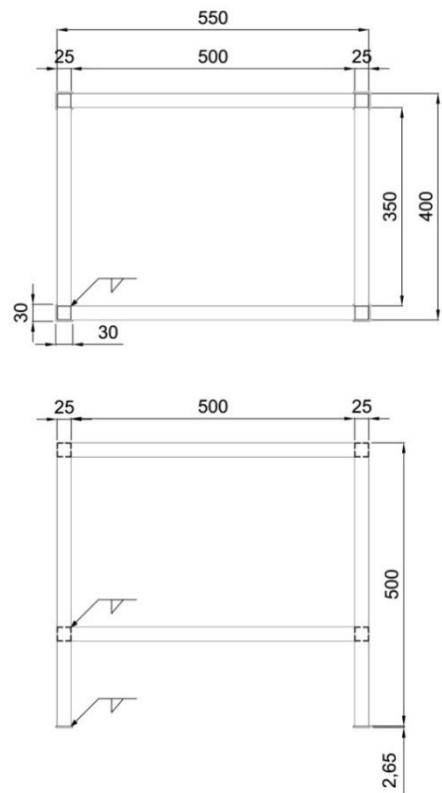


Figura 83 - Dimensões da mesa de saída

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

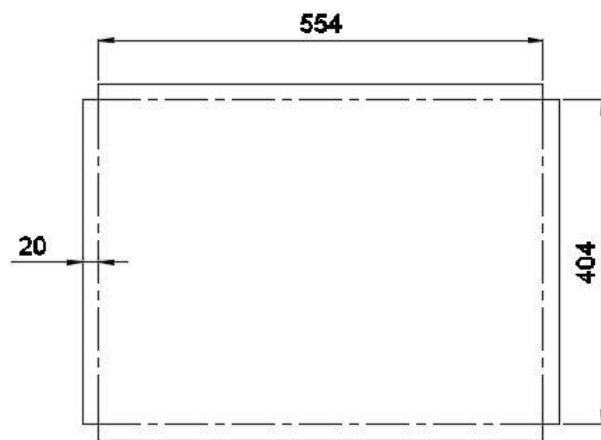


Figura 84 - Dimensões do tampo em chapa de aço de 1,25mm

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)



Figura 85 - Perspectiva da mesa de saída com caixa de expedição  
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

#### 4.7 Análise de custos

A fabricação da máquina pode ser dividida em cinco grupos de processos:

- Chassis e Chaparia.
- Tornearia.
- Elétrica.
- Hidráulica e Pneumática.
- Montagem geral.

Cada um dos processos pode ser feito de maneira terceirizada, ou em locais diferentes, dada a especialização de cada profissional encarregado.

O chassis e chaparia é possível ser feito com empresas que vendem perfil de alumínio estrutural já montado, existem uma gama de empresas que fazem o tipo de serviço e passam a vender o material montado considerando o custo do metro já inclusa a mão de obra. Um valor possível para o chassis e chaparia exigida é da ordem de R\$8.000,00 (oito mil reais), com um prazo de entrega de três semanas.

O serviço de Tornearia inclui o material e o serviço de fabricação dos bocais e acessórios suporte de garras, fabricação das pinças e mecanismos. Todo o serviço deve ser feito no prazo de uma semana mais o tempo de aquisição dos materiais (alumínio, TEFLON, etc.). Um serviço deste tipo orçado chega a valores de R\$4.000,00 (quatro mil reais).

O sistema de Elétrica inclui a automação realizada por meio de uma CLP. Um tempo de serviço de montagem é dentro de uma semana, o que mais demora é a aquisição dos componentes eletrônicos, que chega a três semanas. Um custo de montagem do painel é da ordem de R\$2.500,00 (dois mil e quinhentos reais).

O serviço de hidráulica e pneumática inclui a compra dos itens destinados a parte hidráulica e pneumática. O inclui um valor da ordem de R\$5.000,00 (cinco mil reais), com a compra e entrega, podendo demorar em torno de três a quatro semanas, dependendo do fornecedor e da capacidade de estoque. A montagem destes itens deverá ser feita na montagem geral do equipamento. A tabela abaixo ilustra uma noção de itens.

Tabela 10 - Itens e custos para hidráulica e pneumática

<b>Válvula Acionamento</b>	<b>Válvula solenóide pneumática (até7bar) 4 vias, com conexões</b>	<b>Unidade</b>	<b>R\$ 240,80</b>	<b>2</b>	<b>R\$ 481,60</b>
<b>Comando válvula</b>	Conector elétrico de comando da Válvula	Unidade	R\$ 58,30	2	R\$ 116,60
<b>Vaso Pneumático 10 L</b>	Vaso hidráulico, 10 L, inox 360 l.	Unidade	R\$ 664,79	1	R\$ 664,79-
<b>Pistão Pneumático 200mm</b>	Cilindro de dupla ação com flange de fixação, 7bar, curso 200mm, Dia. 1/2"	Unidade	R\$ 280,00	1	R\$ 280,00
<b>Acessórios e conectores</b>	-	Unidade	R\$ 827,06	1	R\$ 827,06
			Total Parcial 3	=	<b>R\$ 5.092,62</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

A montagem geral pode ser feita por uma mão-de-obra não especializada, e inclui o serviço de integrar os módulos que foram fabricados. É possível de ser feito a

montagem de uma máquina completa em três dias por um operador treinado a este serviço, sendo um serviço terceirizado com valor da ordem de R\$1.500,00. No mesmo local/serviço onde será feita a montagem geral podem ser feitos as mesas auxiliares. Um local apropriado seria uma serralheria ou um outro espaço simples onde o serviço pode ser ensinado ou feito de maneira própria.

Deste modo a fabricação de um módulo completo, deverá ter um custo da ordem de: R\$22.000,00. Um tempo de fabricação e entrega da ordem de um mês considerando que as primeiras atividades podem ser feitas em paralelo. Sendo inclusos materiais e mão de obra terceirizada na projeção.

## 5. PROTOTIPAGEM DAS PARTES

A parte de prototipação da máquina foi feita com materiais mais simples devido ao custo de aquisição do material, também foram feitas as partes com o auxílio de ferramentas simples como: furadeira, lima, arco de serra, morsa mecânica, jogo de chaves de boca e estria, e o auxílio de um torno mecânico (Strong - 750W) de bancada.

Para os ensaios foi utilizado um compressor de um estágio (FX 2000, 1,5Hp e 22,5L), operando na pressão máxima de 8atm. O reservatório de água foi enchido de maneira manual.

Uma bancada em madeira foi montada na altura de operação do projeto do chassis, verificando assim o esforço sobre a manobra de posicionamento de uma bandeja cheia por meio de um operador. A altura da bancada supre a altura de 90cm acima do solo, o que está de acordo com a norma NR17, que regulamenta a disposição ergonômica para os esforços repetitivos de maior carga, como visto na figura abaixo.



Figura 86 - Bancada em madeira com guias de apoio em alumínio  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Para o exercício do levante de carga, observou-se a adequação da carga e altura, sendo que a bandeja deve partir de uma altura de 90cm acima do solo, para assim ser posta sobre o maquinário (figura 87).



Figura 87 - Altura e posição das guias de alumínio para deposição da bandeja  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Para a fabricação desta primeira bancada, fora utilizada a madeira de eucalipto por questões de custo de fabricação, as guias superiores onde se apoia a bandeja são de alumínio laminado para verificar o deslize e o ajuste lateral dadas as folgas de projeto.

Sistema “prende tubetes”, peças fabricadas em alumínio, com espessura de 1/8”, movimento angular foi testado (figura 88).



Figura 88 - Mecanismo "prende tubetes" e posição de atuação  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Sistema “agarra mudas”, peças fabricadas em alumínio, com espessura de 1/8”, movimento de acionamento foi testado (figura 89 e 90).



Figura 89 - Mecanismo "agarra mudas" e posições de atuação  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)



Figura 90 - Conjunto de garras e "prende tubetes" em suas posições de atuação  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Sistema de guias para subir os “bocais de desentubetamento”, peças fabricadas em alumínio, tubos de  $\frac{1}{2}''$ , movimento de acionamento foi testado (figura 91).



Figura 91 - Base dos "bocais de desentubamento"  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Sistema de “gaveta” para deslocar as mudas lateralmente, peças fabricadas em alumínio, tubos de  $\frac{1}{2}$ ”, movimento de acionamento foi testado (figura 92 e 93).



Figura 92 - Mecanismo de "gaveta" e posições de atuação  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)



Figura 93 - Movimento de "gaveta" em suas posições de atuação  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Mesa auxiliar de deposição de bandeja feita em perfil quadrado de aço (metalon), devido ao fato de poder ser fabricado em serralherias, o que reduz em grande parte o custo de fabricação, dado o fato de que a função e a precisão são simples.

Solda MIG, devido ao baixo custo, comum de se encontrar em serralherias. Perfil 25mm x 25mm. As dimensões estão no subcapítulo 4.6 e na figura 94.



Figura 94 - À esquerda mesa auxiliar para apoio das bandejas e à direita mesa de saída  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

Algumas imagens do mecanismo completo e posições podem ser vistas nas figuras consequentes (figura 95).



Figura 95 - Protótipo sem atuadores de máquina desentubetadora  
Fonte: Foto tirada pelo autor (2017)

## 6. CONCLUSÕES

Além das mudas florestais como as de Eucalipto e Pinus, os tubetes de PU também são indicados para quase todo tipo de cultura em que haja ganhos no controle de crescimento da muda (OLIVEIRA, 2013), sendo que no mercado existem tubetes com dimensões distintas sendo cada uma mais adequada a cada tipo de cultura. Portanto tal desenvolvimento pode ser adaptado para outras culturas de mudas que sejam criadas em tubetes, como café, açaí, cana de açúcar, pimenta do reino, palmeiras entre outras (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, 2015). Os principais ajustes que necessitariam ser feitos, para adequação a outras culturas de mudas, são relacionados às dimensões físicas da máquina, às dimensões dos bocais que necessitariam se adequar a cada tipo de tubete, e possivelmente ao nível de pressão do disparo dado no desentubetamento (conforme explicitado no capítulo 4).

Deste modo se analisado o potencial de impacto deste equipamento, sobre o ponto de vista da quantidade de possíveis usuários, torna-se muito mais relevante do que o que fora apresentado no subcapítulo 1.1 (sobre o tamanho do mercado florestal), dado o maior número de possibilidades de aplicações. Seguindo o modelo de negócio apresentado pelo Sebrae (2015), existem viveiros com necessidades de comportar desde um ou dois equipamentos, até viveiros que necessitam comportar da ordem de dezenas de equipamentos, tendo como modo de receita não somente a possibilidade de venda do equipamento como a possibilidade de aquisição.

Sabendo que um equipamento é capaz de desentubetar até 34 mudas em um minuto, considera-se que uma máquina é capaz de realizar cerca de 14.280 mudas em 7 horas de trabalho diário, o que é aproximadamente a capacidade de produção de um operário. Contudo um operário seria capaz de operar cinco máquinas em paralelo, considerando que o serviço é de colocar bandejas e retirar bandejas vazias nas máquinas. Assim a redução de custo, por conta da automação, pode ser obtido pela relação de mão de obra necessária no processo manual (conforme apresentado no subcapítulo 1.3), onde se utiliza a diária de R\$200,00 (duzentos reais) por dia trabalhado por um funcionário, em relação ao processo mecanizado. Sabe-se que é

necessário, contudo, comparar o custo de investimento inicial, a durabilidade do equipamento e o regime de trabalho de cada local.

Da análise de custos do equipamento, os itens que tem maior peso nos custos de fabricação da máquina são a mão de obra, que chega a dobrar o preço da estrutura em alumínio, totalizando em porcentagem de custos a estrutura mecânica e mão de obra para montagem como sendo 50% dos custos totais de projeto, já da parte de automação se destaca o custo do CLP descrito como sendo da ordem de R\$ 2.000,00 (dois mil reais) e da parte de hidráulica têm-se o vaso hidráulico em inox 360 L com o maior percentual de custo. Uma análise de otimização e de processos de fabricação mais aprofundada poderia ser realizada numa etapa complementar a este projeto.

A força necessária para a retirada da muda pelo processo manual chega a 0,4kgf, considerando que o esforço é feito na região do coleto, no caule logo acima do substrato, e que a medida do diâmetro médio do colete de uma muda saudável em fase de expedição é da ordem de 2,5mm. Logo a tensão gerada no caule da muda, pelo processo manual é:

$$T = \frac{F}{\text{ÁreaColeto}} = \frac{0,4 \cdot g}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{0,4 \cdot 9,81}{3,14 \cdot 1,25^2 \cdot 10^{-6}} = 8 \cdot 10^5 N/m^2$$

Ou seja, o processo manual pode gerar até 8atm na muda de eucalipto, já o processo mecanizado, após o desplug, gera um esforço de levante da muda equivalente a seu peso próprio, que no caso da muda de eucalipto é da ordem de 50g. Ou seja, o processo mecanizado é capaz de diminuir em uma ordem de grandeza o esforço gerado pelo desentubetamento da muda de eucalipto.

Tabela 11 - Comparaçāo dos processos quanto à tensão e custo

	<b>Tensão desentubetamento</b>	<b>Custo</b>
<b>Manual</b>	7.8 atm	R\$ 200,00 / dia
<b>Mecanizada</b>	0.97 atm	R\$ 40,00 / dia

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Deste modo as vantagens principais do equipamento estão relacionadas em relação à qualidade, custos e produtividade, o que vem ao encontro do escopo de aumentar a competitividade do setor florestal, conforme explicitado das necessidades do mercado no subcapítulo 1.1, sendo assim é financeiramente viável para o mercado.

Para o manuseio de mudas florestais não foram encontradas normas ou resoluções que exigissem adequação de tipos de materiais para manuseio das mudas, assim da análise de materiais utilizados (mostrado no capítulo 4), utilizou-se a consulta às Resoluções da Diretoria Colegiada (RDC) da ANVISA, que contém a lista positiva de materiais comprovados para uso em contato com alimentos. O que permite uma qualidade de material quanto à corrosão muito maior e dá maior flexibilidade de uso quanto ao manuseio de mudas de outras culturas ou gêneros alimentícios.

Esta pesquisa que teve como foco o desenvolvimento de uma mecanização possível ao processo de desentubetamento pode apresentar etapas consequentes para a continuidade deste estudo. Dentre as etapas possíveis de completar este desenvolvimento temos:

- ✓ Possibilitar a fabricação completa do projeto proposto, com a motorização e automação projetada, para assim avaliar o desempenho do equipamento em operação contínua.
- ✓ Realizar o plantio e acompanhamento de grupos de controle para mudas desentubetadas pelo processo manual e pelo processo mecanizado, para ter um controle e acompanhamento das diferenças entre os dois grupos nas etapas de crescimento das mudas.
- ✓ Avaliar pontos de otimização da máquina, assim como os pontos de adição de processos no maquinário, como a dosagem de solução de NPK nas mudas pelo processo de umidificação do desentubetamento, assim como acrescer outros sensores que possam já aferir a qualidade das mudas antes de irem para o plantio em campo, com o uso de sensores que já existem no mercado e são capazes de inferir qualidade de muda.

## REFERÊNCIAS

AQUINO, Wiliam. Mudas em tubetes. **Youtube**. 5 fev. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=obE2wvKIFPY>>. Acessado em: 10 out. 2017.

ATEEI EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS INDUSTRIAIS LTDA. **Catálogo técnico de painéis elétricos**. Paraná, [2014?]. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/ateei/painel-elettrico.pdf>>. Acessado em: 10 nov. 2017.

BM REFLORESTAMENTO. 2014. Disponível em: <<http://www.bmreforestamento.com.br/project/reforestamento/>>. Acessado em: 25 abril 2016.

CAMPO & NEGÓCIO. **A escolha do clone de eucalipto para o sucesso florestal**. 2015. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/a-escolha-do-clone-de-eucalipto-para-o-sucesso-florestal/>>. Acessado em: 03 maio 2017.

CHAUL, Thiago Name; TIBIRIÇÁ, Luciana Gonçalves. **Viabilidade econômica de florestas de eucalipto no estado de Goiás**. Goiânia, 2006. Disponível em: <<http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/VIABILIDADE%20ECON%C3%94MICA%20DE%20FLORESTAS%20DE%20EUCA%20LIPTO%20NO%20ESTADO%20%20E%2080%A6.pdf>>. Acessado em 12 nov. 2017.

EMBRAPA. **Eucalipto**: perguntas e respostas. Brasília, [2014?]. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>>. Acessado em: 14 nov. 2017.

FIBRIA. **Fibria Celulose S.A. e suas controladas**: demonstrações financeiras individuais e consolidadas em 31 de dezembro de 2015 e relatório dos auditores independentes. São Paulo, 2016. 17 p. Relatório do Comitê de Auditoria Estatutário. Disponível em: <[https://fibr.infoinvest.com.br/ptb/6298/Demonstraes%20Financeiras%20Anuais%20Completas\\_2015\\_final.pdf](https://fibr.infoinvest.com.br/ptb/6298/Demonstraes%20Financeiras%20Anuais%20Completas_2015_final.pdf)>. Acessado em: 5 fev. 2017.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ**: Indústria Brasileira de árvores brazilian tree insdustry. São Paulo: IBÁ, 2015. 77 p. Relatório Ibá 2015. Disponível em: <[www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-iba\\_2015.pdf](http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-iba_2015.pdf)>. Acessado em: 14 nov. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Lista de Viveiros**. [S.I.], [2011?]. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/lista-de-viveiros-de-mudas-florestais-nativas.html>>. Acessado em: 5 nov. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Tubetes**. Londrina, [2015?]. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/news/tubetes-plasticos-290-cm-3.pdf>>. Acessado em: 20 nov. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Programa Cooperativo sobre Mecanização e Automação Florestal.** 2015. Disponível em: <<http://www.ipef.br/pcmaf/>>. Acessado em: 1 jan. 2016.

JORNAL NACIONAL. Brasil cai no ranking da competitividade internacional. **G1 globo.** São Paulo, 30 maio 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2016/05/brasil-cai-no-ranking-da-competitividade-internacional.html>> Acesso em: 6 abril. 2016.

LOPES, Fernando Paes; VELLOSO, Fernando A. Torres. **Seletrora de Mudas de Eucalipto.** 2015. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2015.

MATOS, Marcos Antonio. **Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade.** 2007. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MF RURAL. **Máquina de encher bandeja** (cód. 182940). 2016. Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br/mobile/ClassificadosAnuncio.aspx?id=182940&título=m aquina-de-encher-bandeja>>. Acessado em: 12 jan. 2017.

MF RURAL. **Tubete para muda** (cód. 118560). 2017. Disponível em: <<http://www.mfrural.com.br/detalhe/tubete-para-muda-118560.aspx>>. Acessado em: 20 abril 2017.

MILAN, Marcos. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas.** 2004. 100 f. Tese (Livre-Docência em Mecânica e Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MONTANHA, Gustavo Kimura. Agricultura de Precisão Reduz Perdas na Lavoura de Cana. **Revista Campo e Negócios.** Uberlândia - MG, p.1 - 8, 2010.

MONTANHA, Gustavo Kimura. **Avaliação de um escarificador em função dos tipos de haste e profundidades de trabalho.** 2013. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

MOURA, Vicente Pontigitory Gifoni; GUIMARÃES, Daniel Pereira. **Produção de mudas de *Eucalyptus* para estabelecimento de plantios florestais.** Brasília, 2003. 9 p. ISSN 0102-0099. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355163/2020115/cot085.pdf/e3f184ce-6dee-4108-aa2f-4d2487af80f8>>. Acessado em: 15 ago. 2016.

NOGUEIRA, Antônio Carlos Lima. **Agricultura: a mecanização no agronegócio brasileiro,** Análise de Conjuntura, São Paulo, v.1, n.1, p. 3-5, nov., 2012. Disponível

em <[http://www.fipe.org.br/publicacoes/downloads/bif/2012/11\\_3-5-agr.pdf](http://www.fipe.org.br/publicacoes/downloads/bif/2012/11_3-5-agr.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2016.

OLIVEIRA, Edson Gil. Vantajosas, mudas em tubetes não têm preferência do produtor. **Visão Agrícola**. São Paulo, v. 12, p. 25-26, 2013. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va12-instalacao-da-lavoura03.pdf>>. Acessado em: 15 nov. 2017.

PAINEL FLORESTAL. O dia a dia de um viveiro de mudas clonais de eucalipto. **Youtube**. 9 set. 2009. Disponível em <[https://www.youtube.com/watch?v=qzkDg\\_R6fbY](https://www.youtube.com/watch?v=qzkDg_R6fbY)>. Acessado em: 5 mar. 2017.

SEBRAE. **Quadro de modelo de negócios**: para criar, recriar e inovar. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/quadro-de-modelo-de-negocios-para-criar-recriar-e-inovar,a6df0cc7f4217410VgnVCM2000003c74010aRCRD>>. Acessado em: 12 mar. 2016.

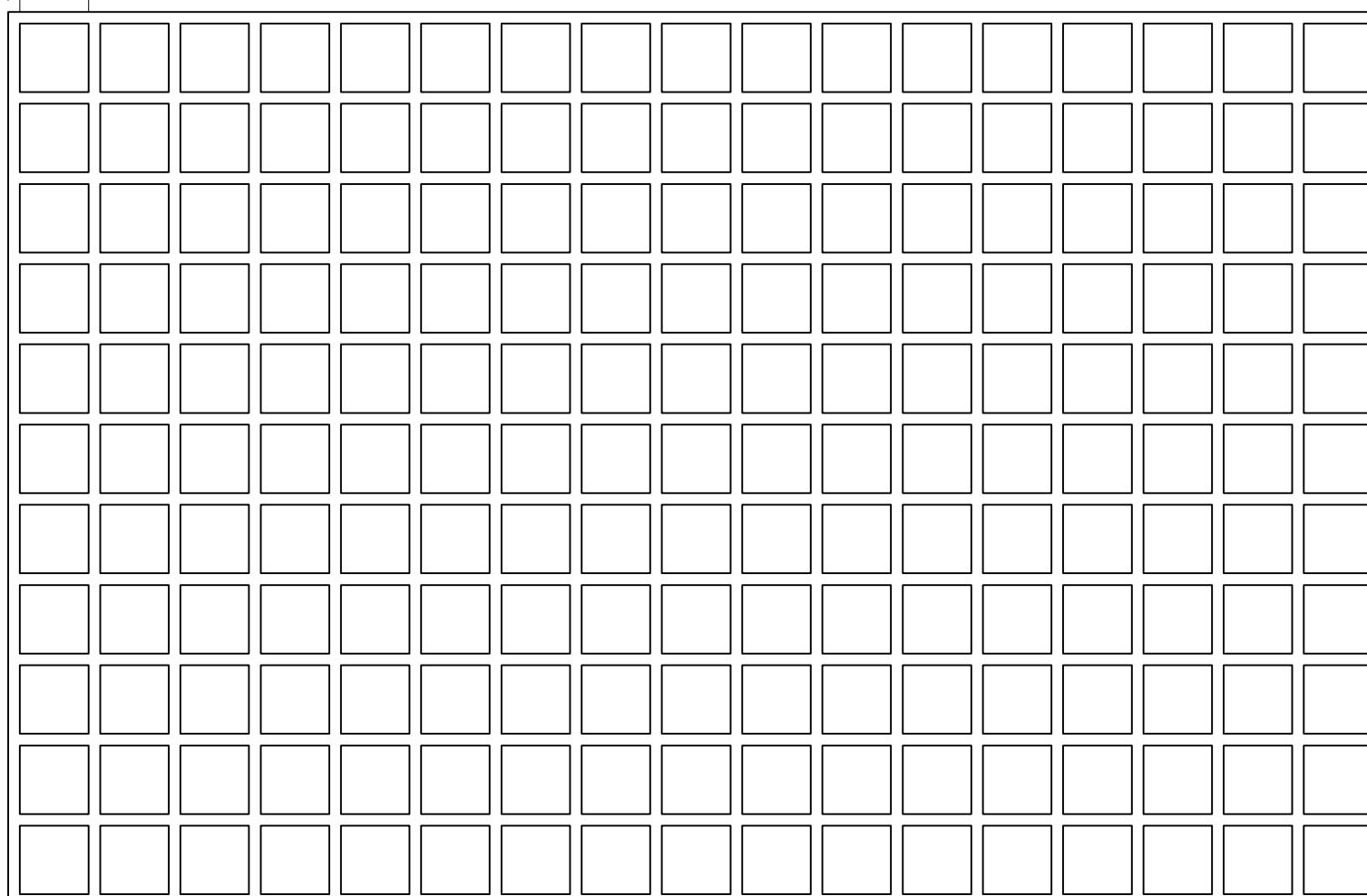
SILVA, Henrique Ricardo da; KAMINSKI, Paulo Carlos. **Integração de ferramentas do Design Thinking e da metodologia TRIZ na fase conceitual de um processo de desenvolvimento de um novo produto na indústria automotiva**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/simea2017/39.pdf>>. Acessado em: 10 dez. 2017.

**APÊNDICE A – Desenhos e medidas utilizadas**

601,8

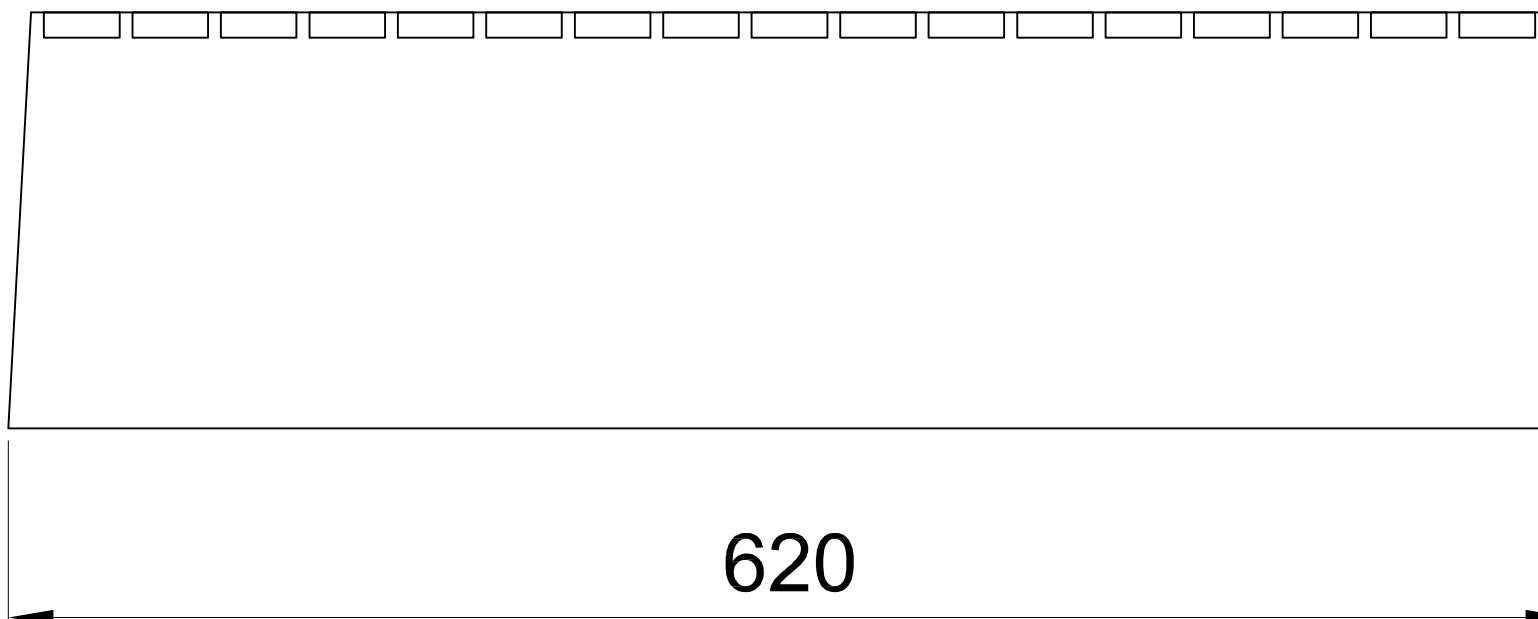
30

391,2

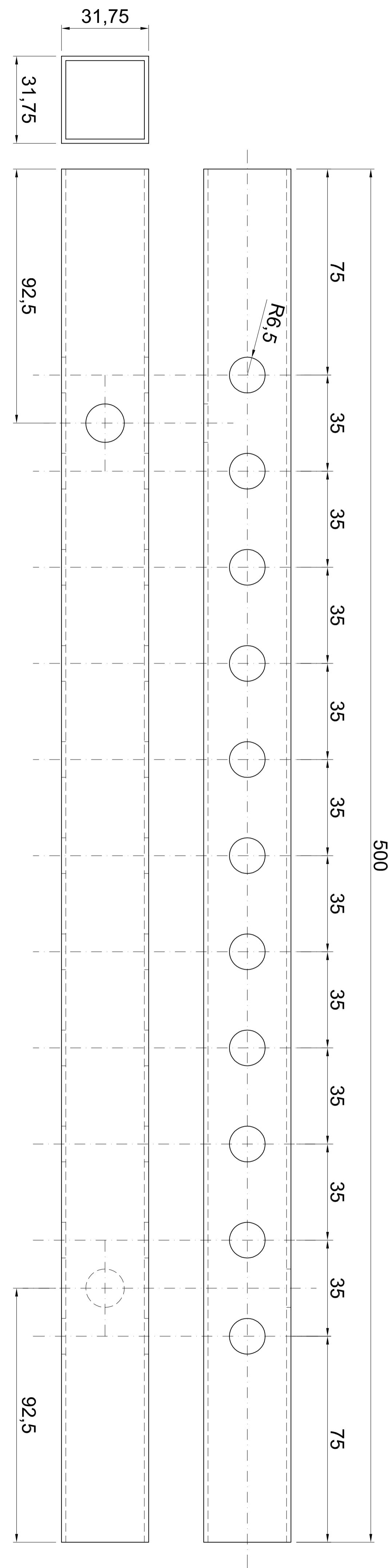


620

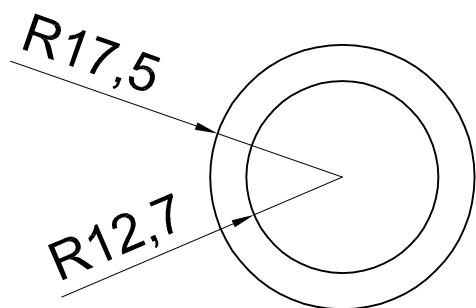
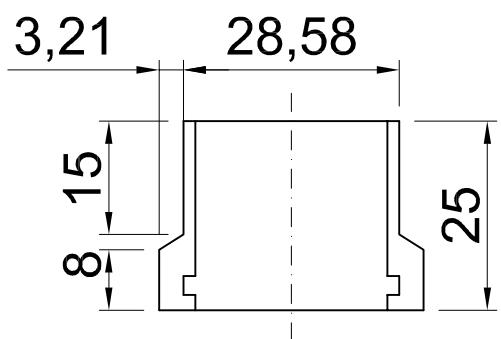
165



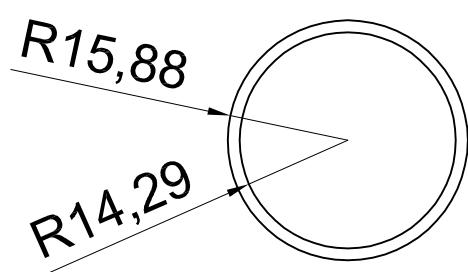
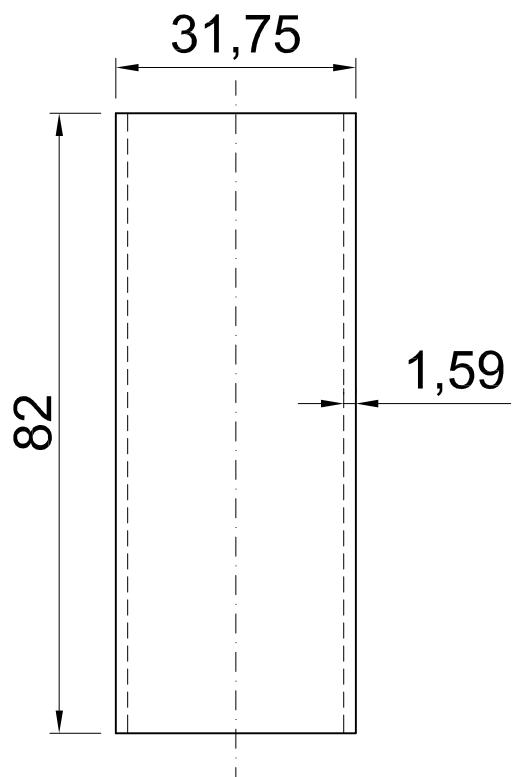
1	BANDEJA DE 187 UNIDADES - PU	-	-	-
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO: PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA			FOLHA: 1/1
DATA:	15 dez. 2017	ESCALA:	1:3	DIMENSÃO: mm
				FOLHA: A3 REV.: 1



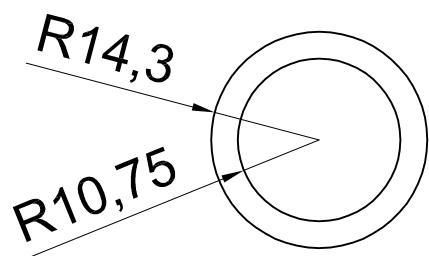
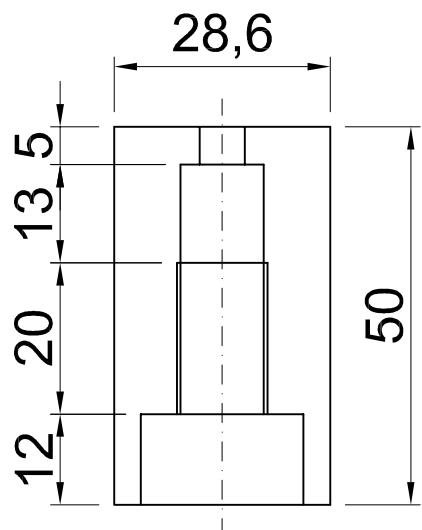
-	BARRA SUPORTE BOCAIS	1	A1	-	
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO	
	TÍTULO:	<b>PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA</b>			
				FOLHA: 2/2	
DATA:	15 dez. 2017	ESCALA:	1:1	DIMENSÃO: mm FOLHA: A2 REV.: 1	



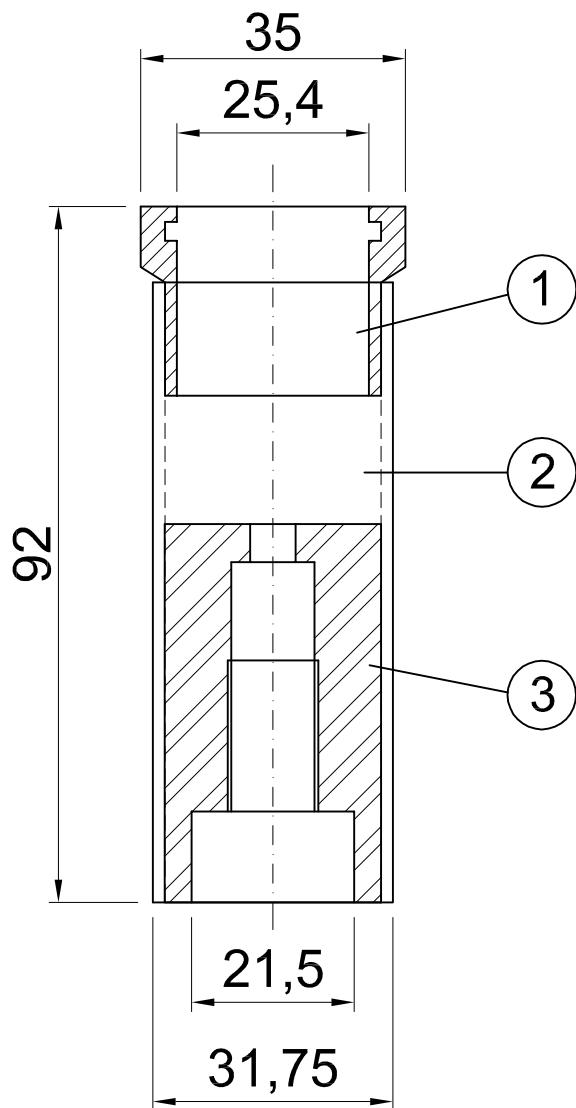
-	BOCAL	1	PVC	1"
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO:	PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA		
			FOLHA:	1/4
DATA: 15 dez. 2017	ESCALA: 1:1	DIMENSÃO: mm	FOLHA: A4	REV.: 1



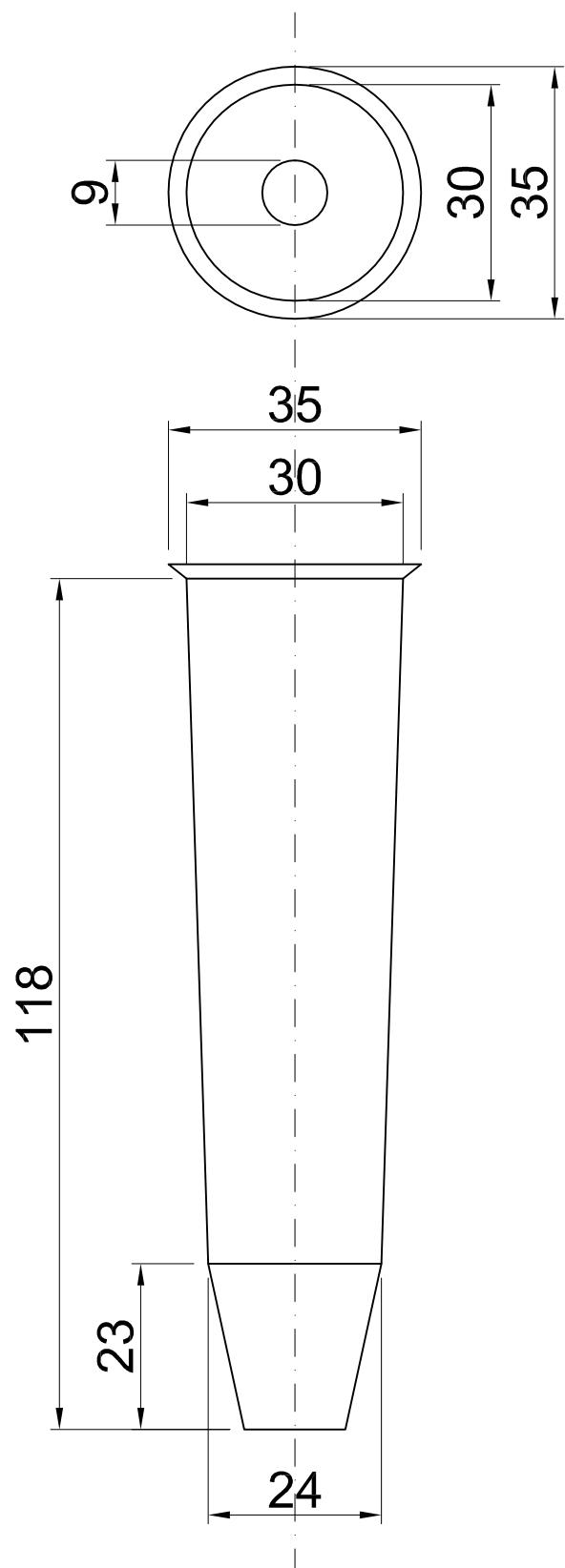
-	CORPO BOCAL	1	AI	1 1/4"
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO: PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA			FOLHA: 2/4
DATA:	15 dez. 2017	ESCALA:	1:1	DIMENSÃO: mm
				FOLHA: A4
				REV.: 1



-	SEDE VÁLVULA	1	TEFLON	-
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO:	PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA		FOLHA: 3/4
DATA: 15 dez. 2017	ESCALA: 1:1	DIMENSÃO: mm	FOLHA: A4	REV.: 1



3	SEDE VÁLVULA	1	TEFLON	-
2	CORPO BOCAL	1	AI	1 1/4"
1	BOCAL	1	PVC	1"
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO:	PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA		
				FOLHA: 4/4
DATA:	15 dez. 2017	ESCALA:	1:1	DIMENSÃO: mm
				FOLHA: A4
				REV.: 1



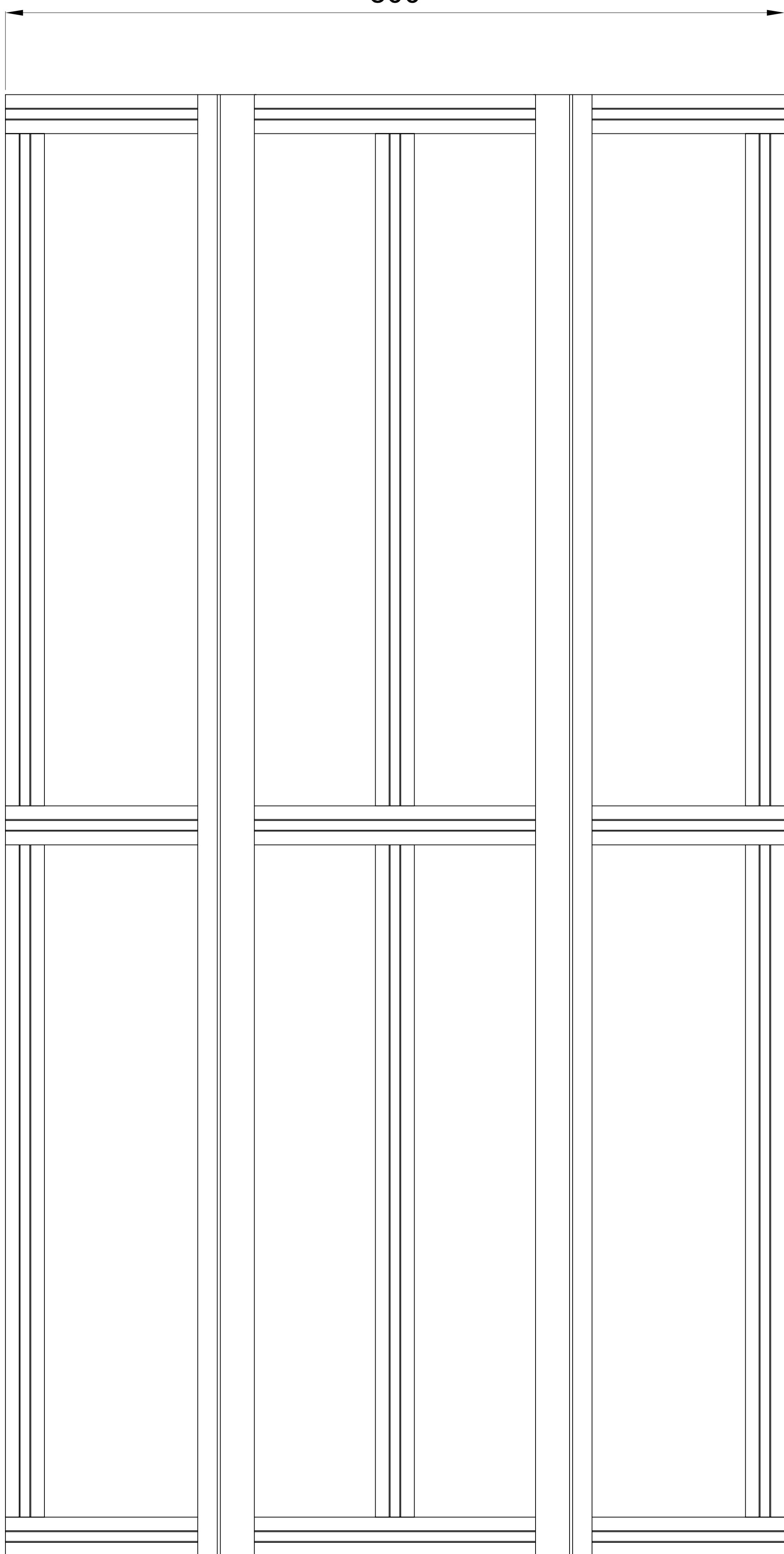
-	TUBETE	-	PU	55ml
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO:	PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA		
				FOLHA: 1/1
DATA: 15 dez. 2017	ESCALA: 1:5	DIMENSÃO: mm	FOLHA: A4	REV.: 1

101

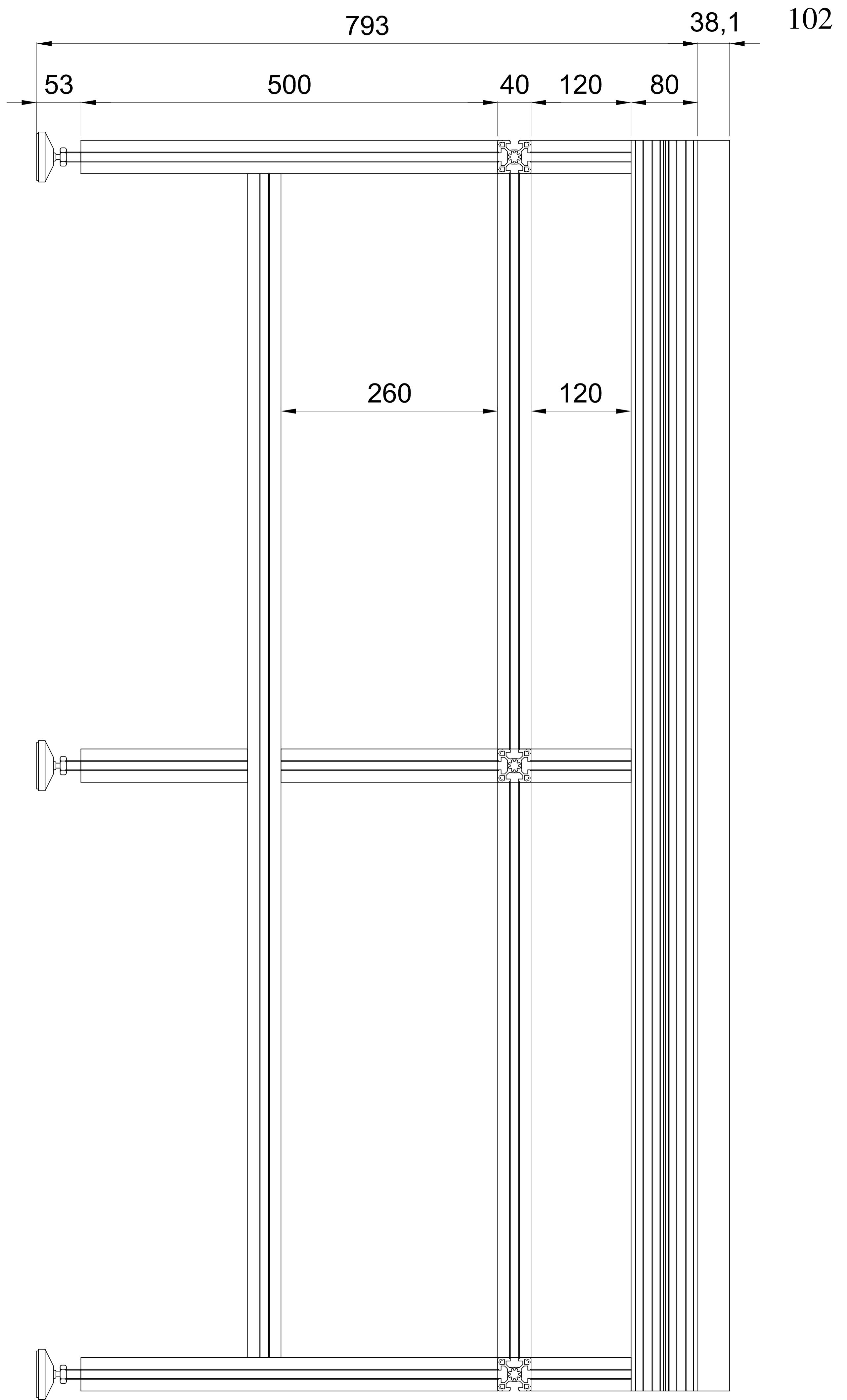
800

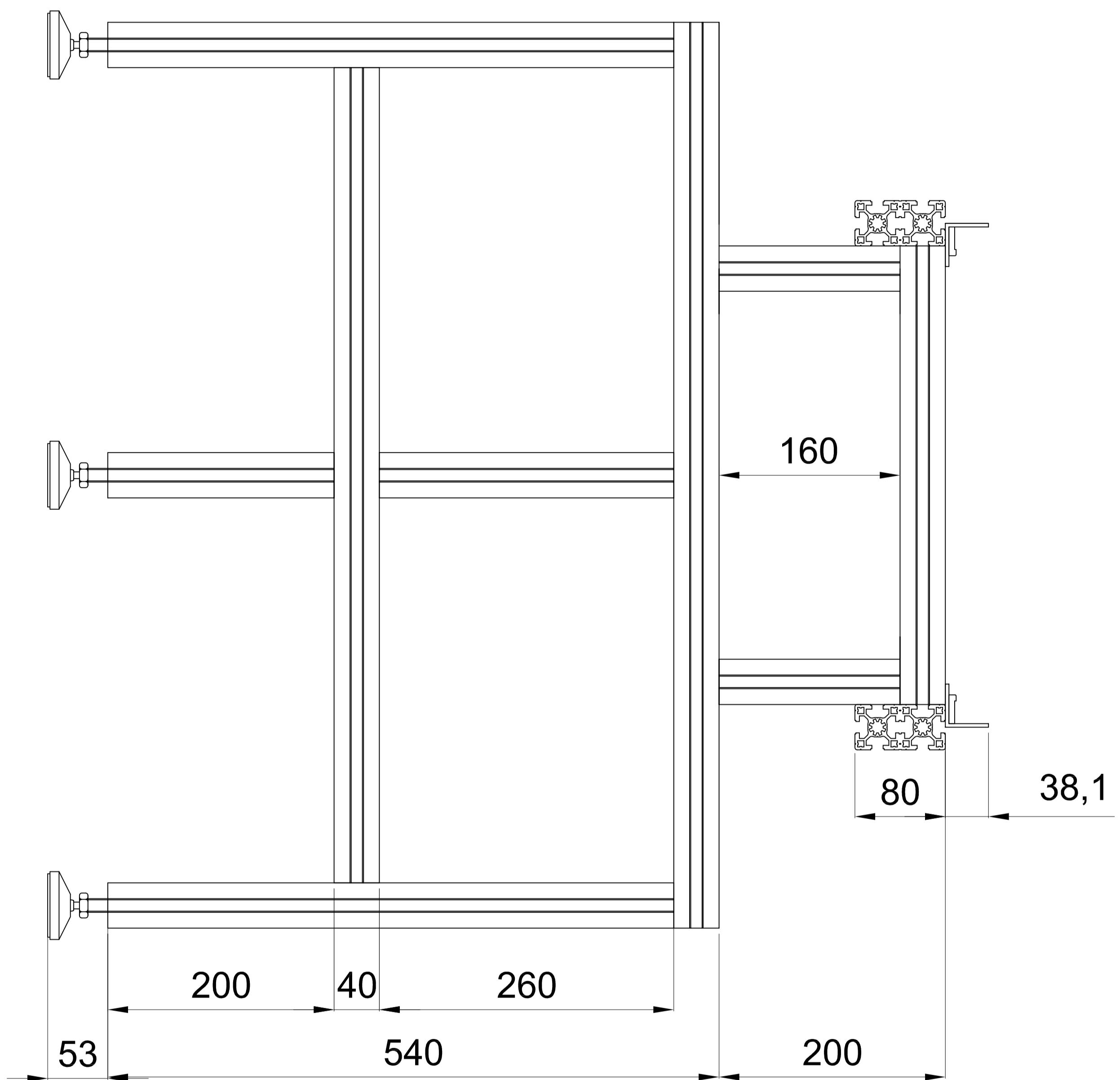
40

1500

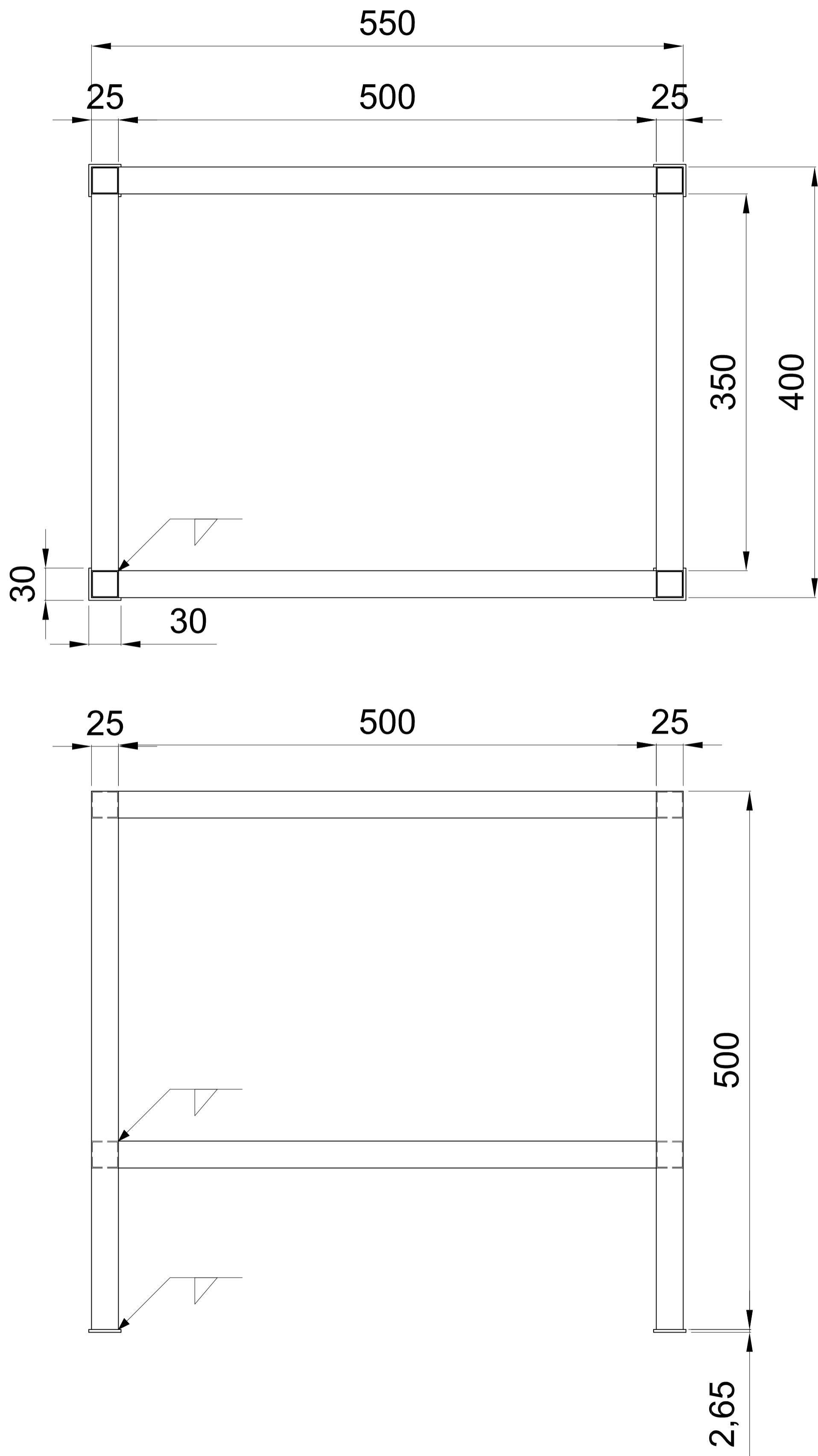


-	CHASSIS ESTRUTURAL	1	A1	PERFIL ESTRUTURAL
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO:	PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA		
DATA:	15 dez. 2017	ESCALA:	1:3	DIMENSÃO: mm
				FOLHA: 1/3
				REV.: 1





-	CHASSIS ESTRUTURAL	1	A1	PERFIL ESTRUTURAL
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO:			PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA
DATA: 15 dez. 2017	ESCALA: 1:3	DIMENSÃO: mm	FOLHA: A2	REV.: 1

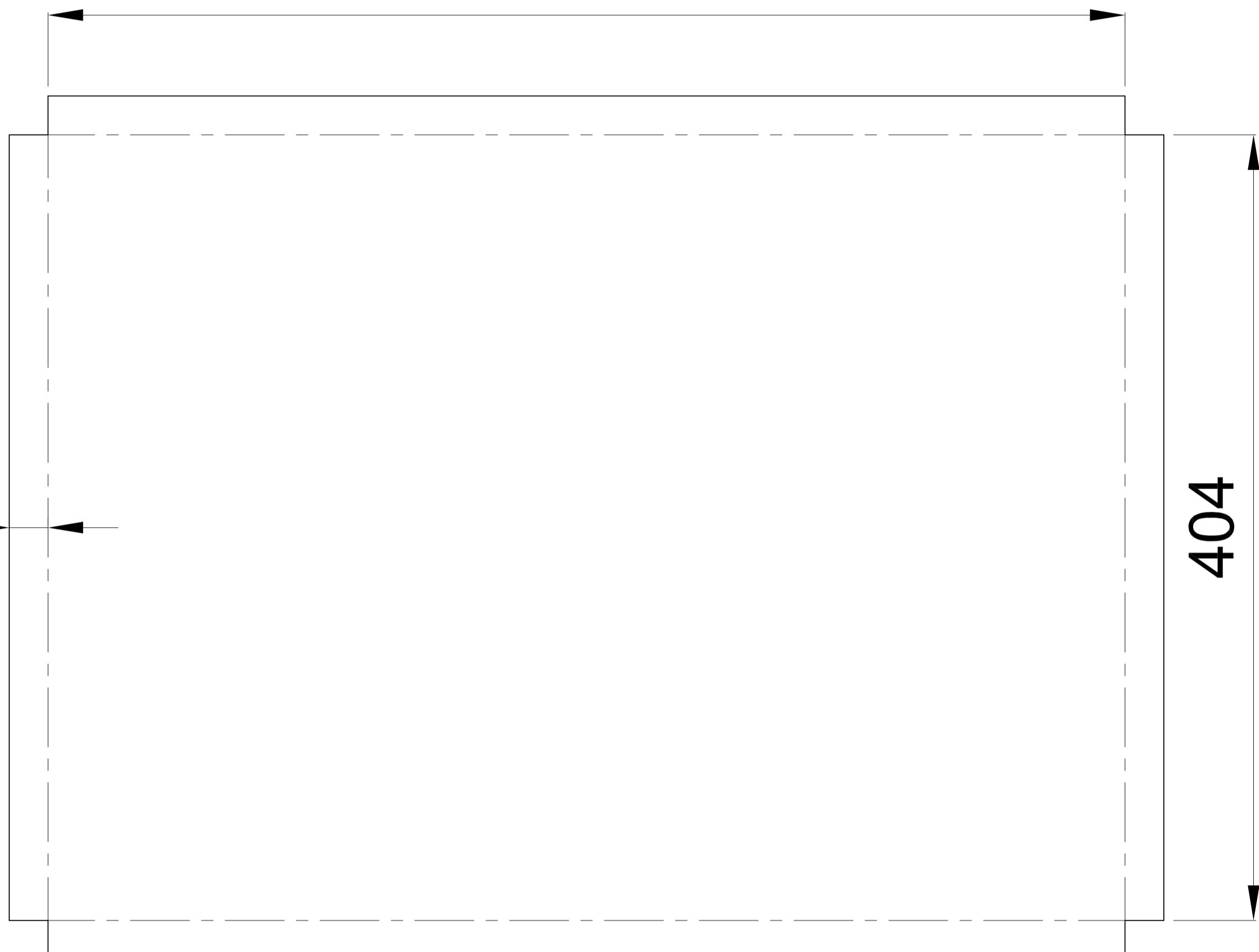


-	MESA DEPOSIÇÃO MUDAS DESENTUBETADAS	1	SAE1020	25mm
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO: PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA			
			FOLHA:	1/2
DATA:	15 dez. 2017	ESCALA:	1:3	DIMENSÃO: mm
				FOLHA: A2
				REV.: 1

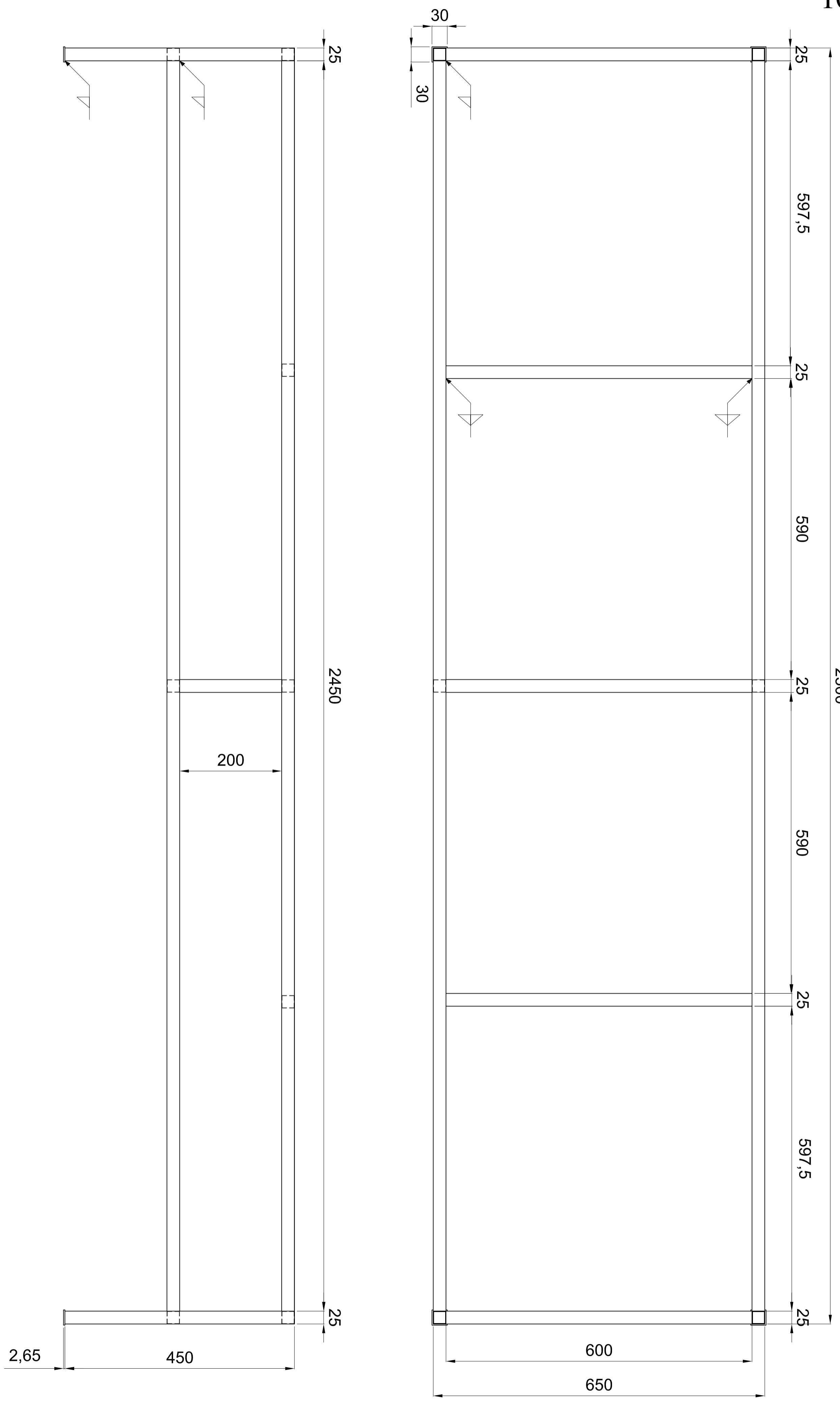
554

20

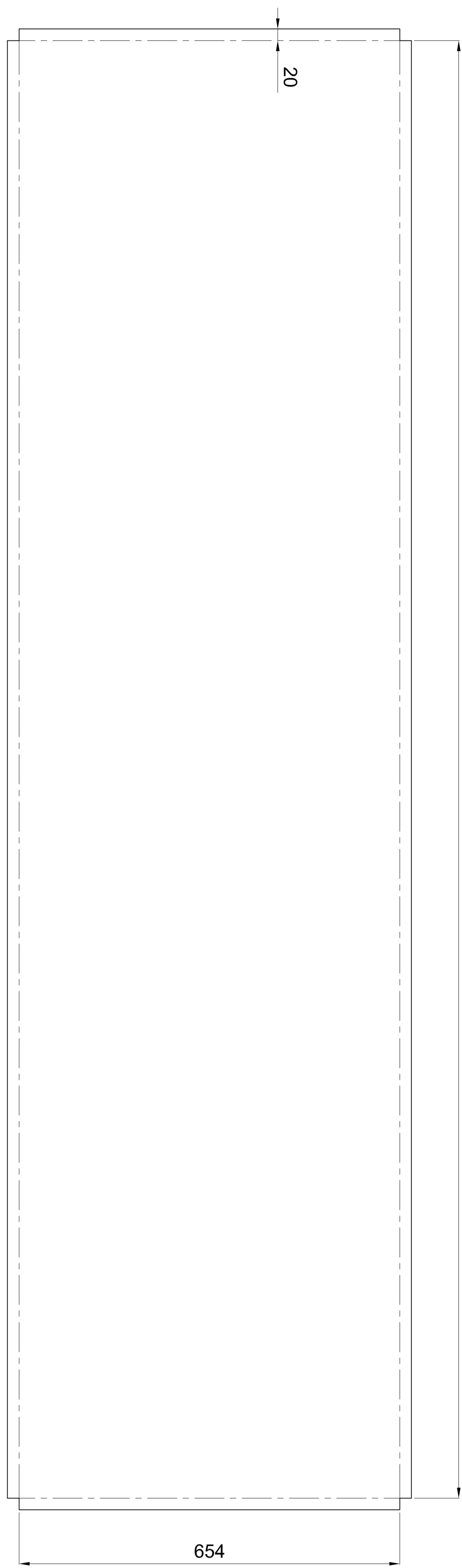
404



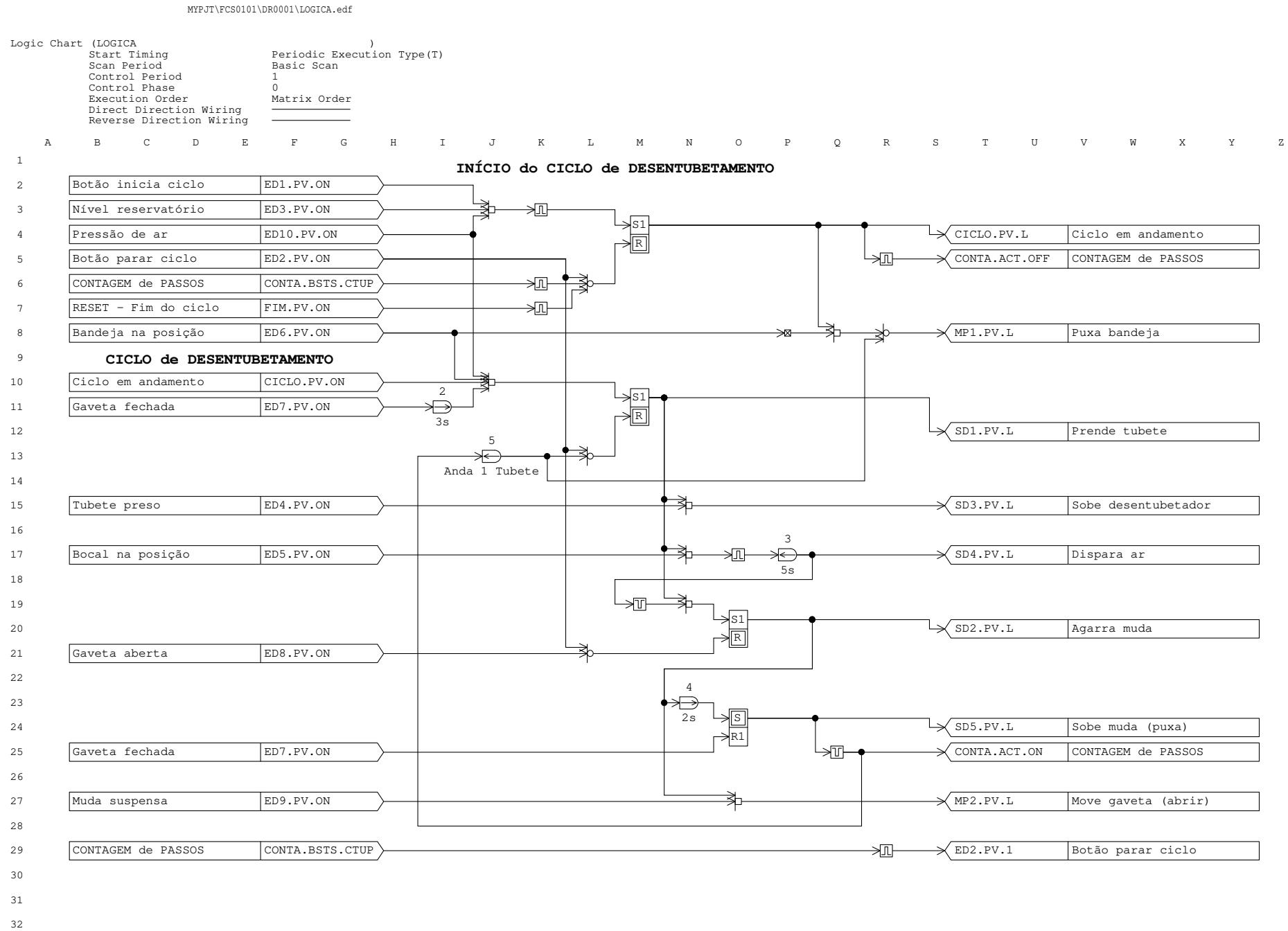
-	TAMPO MESA P/ MUDAS DESENTUBETADAS	1	SAE1020	CHAPA 18
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO: PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA			FOLHA: 2/2
DATA:	15 dez. 2017	ESCALA:	1:2	DIMENSÃO: mm
				FOLHA: A2
				REV.: 1



-	MESA PARA DEPOSIÇÃO DE BANDEJA	1	SAE1020	METALON 25mm
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO:			
<b>PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA</b>				FOLHA: 1/2
DATA:	15 dez. 2017	ESCALA:	1:5	DIMENSÃO: mm FOLHA: A2 REV.: 1



-	TAMPO MESA DEPOSIÇÃO BANDEJA	1	SAE1020	CHAPA 18
PEÇA	NOME	QTD.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	TÍTULO:			
	PROJETO DE MÁQUINA DESENTUBETADORA			FOLHA: 2/2
DATA:	15 dez. 2017	ESCALA:	1:5	DIMENSÃO: mm
				FOLHA: A2
				REV.: 1



MYPJT\PCS0101\DR0001\MOTORES.edf

Logic Chart (MOTORES )  
 Start Timing Periodic Execution Type(T)  
 Scan Period Basic Scan  
 Control Period 1  
 Control Phase 0  
 Execution Order Matrix Order  
 Direct Direction Wiring  
 Reverse Direction Wiring

