



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**PROJETO DE UMA BANCADA DE ASPERSÃO DE FLUIDOS
SUPRESSORES DE POEIRA**

GUSTAVO BRAGA DE SOUZA

**Tucuruí-PA
2021**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**PROJETO DE UMA BANCADA DE ASPERSÃO DE FLUIDOS SUPRESSORES DE
POEIRA.**

GUSTAVO BRAGA DE SOUZA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica, do Campus Universitário de Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador: Prof. Dr. André Luiz Amarante Mesquita
Coorientador: Prof. Msc. Arthur dos Reis Lemos
Fontana**

**Tucuruí-PA
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S719p SOUZA, GUSTAVO.
PROJETO DE UMA BANCADA DE ASPERSÃO DE
FLUIDOS SUPRESSORES DE POEIRA / GUSTAVO SOUZA. —
2021.
68 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. André Luiz Amarante
Coorientador(a): Prof. Me. Arthur dos Reis Lemos Fontana
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de
Engenharia Mecânica, Tucuruí, 2021.

1. ASPERSÃO . 2. SUPRESSORES. 3. POEIRA. 4.
MINÉRIO. 5. SUPRESSÃO. I. Título.

CDD 620



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

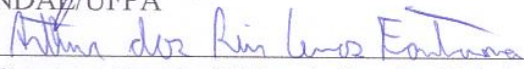
**PROJETO DE UMA BANCADA DE ASPERSÃO DE FLUIDOS SUPRESSORES
DE POEIRA.**

GUSTAVO BRAGA DE SOUZA

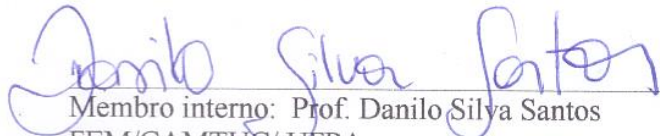
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de
Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA


Orientador: Prof. Dr. André Luiz Amarante Mesquita
NDAE/UFPA


Coorientador: Prof. Msc. Arthur dos Reis Lemos Fontana
FEM/CAMTUC/UFPA


Membro interno: Prof. Msc. Maciel da Costa Furtado
FEM/CAMTUC/UFPA


Membro interno: Prof. Danilo Silva Santos
FEM/CAMTUC/UFPA

Conceito: Excelente
Tucuruí, 18 de outubro de 2021

AGRADECIMENTOS

A Deus por nos dar o dom da vida, por me ajudar a me manter firme no meu propósito, na busca dos meus sonhos e objetivos.

A minha avó, que consiste no marco histórico em que minha vida tomaria os rumos para eu chegar até aqui.

A minha família, por sempre estar perto me ajudando de todas as formas.

Ao meu pai que esteve em apoio em todas as situações e proporcionou a materialização deste sonho de poder exercer o ofício que tanto amo.

A todos os Professores da Faculdade de Engenharia Mecânica que se doaram em ensinar com muito esmero cada hora-aula.

A todos os colaboradores do Laboratório Fluidodinâmica e Particulados.

Aos Engenheiros Danilo Santos, Artur Cunha, Arthur Fontana, por me instruírem e auxiliarem durante todo este ciclo.

Aos meus amigos e colegas de curso que compartilharam momentos de alegria e aflição.

“Ter sabedoria é tão bom como receber uma herança. A sabedoria é melhor do que o dinheiro. A vantagem da sabedoria é que ela conserva a vida do seu possuidor.”

(Eclesiastes, Cap. 7, 1-12).

PROJETO DE UMA BANCADA DE ASPERSÃO DE FLUIDOS SUPRESSORES DE POEIRA.

RESUMO

A bancada de aspersão de supressores propõe padronização e controle de qualidade no processo de aspersão de soluções aquosas utilizadas em laboratório para testes e experimentos de composições supressoras de poeira aplicadas a indústria mineradora. O presente trabalho busca a projeção da bancada que será de grande utilidade para o laboratório de fluidodinâmica e particulados da Universidade Federal do Pará no campus de Tucuruí. A projeção busca aproximar um modelo de aspersão em escala reduzida a um modelo real de aspersão de fluidos supressores em vagões de minério utilizado na indústria, selecionando os equipamentos necessários de projeto buscando o melhor custo benefício e reaproveitamento de ferramentas e equipamentos disponíveis capazes de atender aos pré-requisitos do projeto. O novo método de aspersão consolida mais um avanço para melhoria dos estudos de casos de controle de poeira que já se encontram em desenvolvimento. Ainda que desenvolvida com o foco em testes de fluidos poliméricos em pilhas e vagões de minério, esta pode ainda atender diversas outras demandas de aspersão que podem surgir neste campo de pesquisa. A partir do projeto desenvolvido será possível construir o equipamento e obter controle sobre a quantidade de massa de supressor aspergida durante o processo, padronização do processo de aspersão para ser replicado em diversas amostras e gerar resultados mais consistentes aos estudos que dependem deste procedimento de aspersão.

Palavras chave: *Supressão de Poeira, Fluidos Supressores, Aspersão, Projeto.*

DESIGN OF A SPRAYING BENCH FOR DUST SUPPRESSOR FLUIDS.

ABSTRACT

The suppressant spray bench proposes standardization and quality control in the spraying process of aqueous solutions used in the laboratory for tests and experiments of dust suppressant compositions applied to the mining industry. The present work is in search of a bench projection that will be of great use for the Fluid Dynamics and Particulates Laboratory of the Federal University of Pará on the Tucuruí campus. The projection seeks to approximate a small-scale sprinkle model to a real sprinkle model of suppressor fluids in ore wagons used in industry, locating the necessary project equipment seeking the best cost-benefit ratio and reuse of tools and equipment available to meet pre- -project requirements. The new consolidated sprinkle method is yet another advance in the improvement of dust control case studies that is already under development. Although developed with a focus on testing polymeric fluids in ore piles and wagons, it can still meet several other spraying demands that may arise in this field of research. From the project developed, it will be possible to build the equipment and obtain control over the amount of suppressor mass sprayed during the process, standardize the spraying process to be replicated in several and generate more consistent results for studies that depend on this spraying procedure.

Keywords: Dust Suppression, Suppressant Fluids, Sprinkler, Design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Exibição dos principais perfis de jato.	16
Figura 2. Efeito do tamanho de gotas na colisão e abatimento de poeira.	17
Figura 3. Variação de padrão de tamanho de gota por spray	18
Figura 4. Cadeia de suprimento de minério.	19
Figura 6. Camada protetora em minério de ferro.	21
Figura 7. Aspersão em vagões carregados.	22
Figura 8. Aspersão nas pilhas a céu aberto.	23
Figura 9. Aspersão manual.	24
Figura 10. Ilustração de aspersão.	25
Figura 11. Bomba centrífuga de agitação.	26
Figura 12. Bomba diafragma alta pressão.	27
Figura 13. Manômetro utilizado.	27
Figura 14. Peças essenciais do sistema.	28
Figura 15. Ilustração fuso.	28
Figura 16. Servo motor empregado.	29
Figura 17. Ilustração dos componentes do sistema de controle.	30
Figura 18. Dados técnicos do bico.	31
Figura 19. Calibração do spray.	37
Figura 20. Geometrias de aspersão.	38
Figura 21. Vagão de locomotiva da estrada de ferro Vitoria a Minas.	41
Figura 22. Vagões em escalas reduzidas.	41
Figura 23. Dimensões das pilhas nos pátios.	42
Figura 24. Dimensões das pilhas em laboratório.	42
Figura 25. Mesas estruturais unificadas.	43
Figura 26. Mesas estruturais unificadas.	44
Figura 27. Suporte para tubo metálico.	44
Figura 28. Tubo metálico montado com bico e mangueira.	45
Figura 29. Reservatório e sistemas de bombeamento.	46
Figura 30. Diagrama esquemático dos sistemas de bombeamento.	46
Figura 31. Esquema de montagem do sistema de controle.	47
Figura 32. Bancada de aspersão defluídos supressores de poeira.	48

LISTA DE SÍMBOLOS

V	Velocidade
D	Comprimento do corpo a ser aspergido
t_{var}	Tempo de varredura
$\dot{m}$	Vazão mássica
$\dot{V}$	Vazão volumétrica
μ	Massa específica
$\dot{m}$	Vazão mássica
m	Massa
Δt	Intervalo de tempo
m_c	Massa aspergida corrigida
$\dot{V}$	Vazão volumétrica do sistema
μ	Massa específica da solução
$\emptyset$	Coeficiente de aproveitamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 MOTIVAÇÃO	13
1.2 OBJETIVO GERAL	13
1.3 OBJETIVO ESPECIFICO	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2. FUNDAMENTOS SOBRE SUPRESSORES.....	14
2.1 SUPRESSORES DE POEIRA.....	14
2.2 BICOS DE SPRAYS	15
2.2.1 Posicionamento	17
2.2.2 Tamanho de gotas.....	17
2.2.3 Velocidade da gota.....	18
2.2.4 Vazão e pressão	18
2.3 APLICAÇÃO INDUSTRIAL.....	19
2.3.1 Prevenção de poeira.....	20
3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APLICAÇÃO DE SUPRESSORES..	24
3.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	24
3.1.1 Dimensionamento das messas estruturais.	25
3.1.2 Sistema de bombeamento e agitação de solução.	26
3.1.3 Sistema de traslado do bico aspersor.....	27
3.1.4 Sistema de controle.....	29
3.2 SELEÇÃO DOS BICOS DE PULVERIZAÇÃO.....	30
3.2.1 Análise do tipo de bico	30
3.2.2 Especificação do bico.....	31
3.3 DETERMINAÇÃO DA MASSA DE SUPRESSOR APLICADA	32
3.3.1 Calibração	36
4. PROJETO DA BANCADA DE ASPERSÃO DE FLUIDOS SUPRESSORES.....	43
4.1 APRESENTAÇÃO FINAL DO EQUIPAMENTO	47
5. CONCLUSÃO.....	49
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	49
REFERENCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

Grande parcela da poluição atmosférica vincula-se ao meio indústria, afetam a saúde humana e o meio ambiente. Na indústria mineradora, a poluição atmosférica ocorre a partir da suspensão de materiais particulados sejam estes advindos dos processos de lavras, empilhamento ao ar livre, fluxo de máquinas pesadas em vias não pavimentadas, transporte ferroviário, entre outros. O material particulado afeta a saúde humana de várias maneiras, com a irritação dos olhos e das vias respiratórias, a redução da capacidade pulmonar, a redução da performance física e o agravamento de doenças crônicas do aparelho respiratório (ALMEIDA I. T., 1999).

A grande logística de escoamento, armazenamento de minério e carregamento de navios traz consigo o desafio de controle de poeira. A aplicação de fluidos supressores de poeira é largamente utilizada pela indústria mineradora e seu objetivo consiste em formar películas sobre leito de minérios, captura de finos de poeira, umectação e contenção de partículas por tensão superficial. A utilização de fluidos supressores tornou-se uma aplicação de engenharia bastante atrativo para indústria mineral pela obtenção de bons resultados já alcançados, o que reforça o interesse em novos estudos mais aprimorados, são diversos os benefícios obtidos pelos estudos de supressores, dentre tais evidencia-se em primeiro plano a sustentabilidade. Os resultados destes estudos são alcançados em laboratórios de engenharia dedicados a resolução de problemas de poeira onde é executado ensaio de processos de manejo de minério em escalas reduzidas com técnicas aprimoradas e aptas a descrever o comportamento dos particulados validos para a condição real. Neste panorama destaca-se a importância do aprimoramento, da padronização, calibração dos ensaios de engenharia para que se obtenha resultados com consistência e precisão.

A bancada de aspersão de fluidos supressores que estará presente no laboratório do grupo de pesquisa em fluidodinâmica e particulados consiste em uma nova ferramenta de extrema necessidade para padronização do processo de aspersão que precede todos os ensaios dedicados a testes de filmes poliméricos, além de poder ser utilizado para quais quer outros processos de aspersão convenientes. Com a eliminação do processo de aspersão manual é obtido regularidade nas propriedades das amostras de ensaios, além de resultados mais consistentes e avaliação de maior confiabilidade.

1.1 MOTIVAÇÃO

Necessidade de contornar eventuais imprecisões durante aplicações manuais de supressores em amostras de ensaio. A pulverização padronizada está presente na etapa de preparação do corpo de ensaio e como diversos tipos de ensaios dependem da aplicação deste processo de aspersão, desenvolver uma bancada torna-se um item essencial para trazer melhor qualidade e confiabilidade nos resultados dos ensaios desenvolvidos em laboratório.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

Projeto de uma bancada de aspersão de supressores de poeira para padronização de aplicação de supressores.

1.2.2 Objetivo específico

- Projeto e dimensionamento de componentes.
- Automatização o processo.
- Padronização do processo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2, é discorrido a respeito dos problemas de geração de poeira na indústria mineradora e os métodos de supressão por soluções aquosas, sendo explanado sobre os tipos mais utilizados pela indústria mineradora, suas aplicações, como e onde são aplicados.

No capítulo 3 é efetuado o dimensionamento dos equipamentos e ferramentas que serão necessários para a construção da bancada, adaptação de equipamentos para serem reutilizado, desenvolvimento dos sistemas que compõem a bancada.

No capítulo 4, é apresentado a montagem da bancada e como corre o funcionamento do conjunto de sistemas.

No capítulo 5, é realizada as considerações finais do trabalho.

2. FUNDAMENTOS SOBRE SUPRESSORES

2.1 SUPRESSORES DE POEIRA

A água pode ser classificada como um supressor de poeira natural, entretanto quando se almeja eficiência, durabilidade e sustentabilidade a água abre espaço para substâncias mais aprimoradas. Tais substâncias tem maior capacidade de umidificar, aglutinar os particulados da área superficial, formar camadas em forma de filme protetor e conservar por mais tempo estas características.

Os supressores de poeira são formulações de compostos moleculares como os surfactantes, polímeros solúveis e misturas desses. Alguns surfactantes como o dodecil, sulfato de sódio, os derivados de álcool polivinílico e polímeros de ácido acrílico, polímeros solúveis em água, são exemplos de compostos utilizados nessas formulações. Estes são aplicados em forma de solução líquida sobre corpos ou solos, atuam humedecendo as pequenas partículas, tornando-as mais pesadas, com a finalidade de suprimir material particulado em suspensão ou prendê-lo em sua matriz, evitando a dispersão causada por forças eólicas (Monsioso, Natália A. P., 2019).

A supressão consiste em um dos principais métodos para controle de poeira nos diversos processos da indústria mineradora. Apresenta-se sob diferentes tipos de situações, o que justifica as subdivisões do processo de supressão e os diferentes tipos de fluidos supressores. O estudo sobre o tema vem evoluindo ao redor do mundo, frente a necessidade para conservação da integridade ambiental. Nesse contexto existem estudos e aprimoramento de substâncias segundo (Monsioso, Natália A. P., 2019) como:

- Surfactantes – Produtos químicos que reduzem a tensão superficial da água, aumentando a umectação do material. São geralmente empregados na supressão de materiais hidrofóbicos como carvão mineral, onde as soluções supressoras encontram dificuldades de penetrar os interstícios dos grãos de minério, desta forma a adesão do supressor no material pode ocorrer de forma rarefeita, consequentemente os resultados no controle de poeira são comprometidos.
- Polímeros – Compostos moleculares de cadeias longas dissolvido em soluções aquosas em variadas concentrações aplicado encima de superfícies que agem como adesivos para ligar os materiais particulados e eliminar os efeitos de erosão.
- Soluções de materiais sólidos – Resíduos sólidos orgânico de granulometria reduzida (por volta de 300 micron) dissolvidos em uma solução, podem ser

utilizados em diferentes tipos de dosagens para cobrir a superfície das pilhas e leitos de minério nos vagões de trem.

2.2 BICOS DE SPRAYS

Para um sistema de aspersão com fins de abatimento ou prevenção de poeira, os bicos de pulverização são os componentes de grandes importâncias, pois as características físicas impressas por este componente, certamente é o diferencial para sua aplicabilidade. Parâmetros como perfil de distribuição do jato, tamanho de gotas, vazão pressão do jato e posicionamento destes são os principais parâmetros atrelados. (CECALA, 2012)

Todos os bicos de pulverização possuem um perfil de jateamento conforme visualizado na (figura 1), trata-se de um padrão de como as gotículas são lançadas. Para cada perfil de spray há grande diversidade de configurações, tais como defletores, ângulo de abertura, vazão, pressão e diâmetro para conexões. Existem bicos de spray dedicados a gerar gotas minúsculas são conhecidos com atomizados, podem ainda se dividirem em puramente hidráulicos ou pneumáticos (Spraying Sistem co, 2020). Os perfis de sprays resumem-se em:

- Jato sólido
- Cone oco
- Cone cheio
- Jato leque

Figura 1. Exibição dos principais perfis de jato.

	BICOS DE CONE CHEIO • Usa um design de palheta interno exclusivo para produzir um padrão de spray • em forma de cone. • O padrão de pulverização consiste em gotas de tamanho médio a grande	Aplicações típicas • Injeção química • Supressão de poeira • Proteção contra fogo • Resfriamento de metal • Lavar / enxaguar	IMAGEM DA FOLHA LASER Spray Angle Range: 15° to 125°
	BICOS PERFIL LEQUE • Fornece distribuição uniforme de gotas de tamanho médio ao longo do padrão de spray • Usado em cabeçotes de pulverização para fornecer cobertura uniforme como resultado de distribuições sobrepostas	Aplicações típicas • Revestimento • Resfriamento • Hidratante • Lavando	IMAGEM DA FOLHA LASER Spray Angle Range: 25° to 65°
	BICOS DE CONE OCO • Use a whirlchamber to rotate the fluid • Usa uma câmara de turbilhão para girar o fluido e produzir um padrão de spray circular • Ideal para uso quando uma combinação de pequenos tamanho de gota	Aplicações típicas • Resfriamento de ar, gás e água • Produtos de refrigeração em transportadores • Controle de poeira • Dessulfurização de gases de combustão (FGD) • Aeração de água	IMAGEM DA FOLHA LASER Spray Angle Range: 40° to 165°
	BICOS DE JATO SOLIDO • Produz uma pulverização de fluxo sólido com alto impacto pela pressão do jato.	Aplicações típicas • Produtos de limpeza quando completos a remoção de sujeira e detritos. • Operações de fluxo laminar	IMAGEM DA FOLHA LASER Spray Angle Range 0°
	BICOS DE ATOMIZAÇÃO (HIDRÁULICO, NEVOA FINA) • Produz uma atomização fina. • Possui baixa capacidade de padronizar spray em cone oco sem o uso de compressor de ar.	Aplicações típicas • Supressão de poeira • Resfriamento evaporativo • Secagem por spray • Hidratante	Spray Angle Range 35° to 165°
	BICOS DE ATOMIZAÇÃO A AR/ASSISTIDOS POR AR • Produz uma variedade de padrões de sprays através da atomização de líquido por ar comprimido • Atomização pelo choque interno entre ar e água capaz de produzir gotas muito finas.	Aplicações típicas • Revestimento • Resfriamento evaporativo • Umidificação • Hidratante	Spray Angle Range 18° to 360°

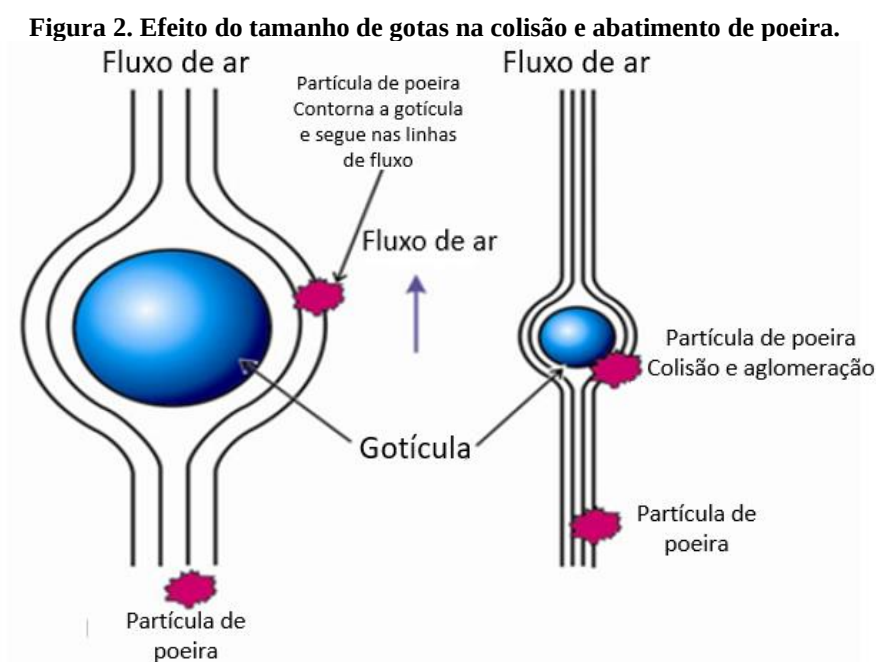
Fonte: Adaptado de Spraying Sistem co. (2020).

2.2.1 Posicionamento

Não existem regras sólidas para posicionamentos bicos de aspersão em aplicações de controle de poeira pois este parâmetro pode ser uma característica a ser avaliada para cada problemática. Entretanto, entende-se que os bicos geralmente são bem posicionados acima do emissor de poeira, os bicos devem estar localizados a uma distância ideal do material (longe o suficiente para fornecer a cobertura necessária, mas próximo o suficiente para que as correntes de ar não dispersem as gotas do alvo pretendido) (Blazek 2003).

2.2.2 Tamanho de gotas

O Tamanho de gota refere-se ao tamanho médio das gotas que compõem o spray de pulverização de um bico, ela influencia na eficiência da captura do particulado, isto depende da diferença entre o tamanho de gota e o tamanho do particulado de poeira. Ao usar sprays, uma das principais considerações é o tamanho da gota, o diâmetro da gota maior que o diâmetro da partícula de poeira, a partícula simplesmente segue as linhas de fluxo de ar contornando a gota. Gotas aspergida possuindo dimensões similares aos das partículas de poeira, a partícula de poeira tenta seguir as linhas do fluxo, mas acaba colidindo com a gota e precipitando junto ao solo (Figura 2) (CECALA, 2012).



Fonte: Adaptado de Cecala (2012).

Cada processo produtivo produz um determinado tamanho de partícula de poeira e necessita de um tamanho de gota compatível para que haja efetividade na aspersão. Segundo

estudos apresentados por Cecala (2012), na aspersão de prevenção de poeira por exemplo, é observado eficiência com gotas grandes (200-500 μm) pois não há necessidade de equivalência entre o tamanho da gota e as partículas para que haja humidificação uma vez que essas se encontram amontoadas em repouso. Entretanto, para situações de captura de partículas fugitivas é observado a necessidade de um padrão de gotas muito finas (10-150 μm) justificado pelo evento demonstrado na figura 8. Gotas finas geralmente são produzidas por bicos atomizadores pneumáticos com utilização de ar comprimido ou hidráulicos, com a utilização de bombas de alta pressão para propiciar a quebra do líquido em pequenas gotas (Spraying systems Co, 2020).

Em paralelo com os perfis de bicos observados na Figura 1, o tamanho de gota pode ainda ser característica comum ao tipo de spray, pode ser entendido de forma simples a partir da Figura 3.



Fonte: Adaptado de Sspraying Sisten co., (2020).

2.2.3 Velocidade da gota

As maiores velocidades de gota são desejáveis para ambos os sistemas de controle de poeira por meio de via úmida (Spraying systems Co, 2020). Isto porquê independentemente da situação, seja ela abatimento ou prevenção de poeira, um jato de gotículas velozes oferecerá eficiência ao aspergir determinado corpo com maior alcance, gerando uma cortina de gotas consistente para abater partículas fugitivas.

2.2.4 Vazão e pressão

A vazão proporcional a potência do sistema de bombeamento deve ser dimensionada levando em conta as pressões de trabalho geradas pelos bicos aspersores, o fluido é conduzido por tubulações e conexões até chegar aos bicos, estes possuem orifícios pequenos e isto caracteriza o aumento de pressão em todo o sistema. Desta forma estes prerequisites obrigatoriamente devem ser atendidos pelo sistema de bombeamento a se utilizar na concepção

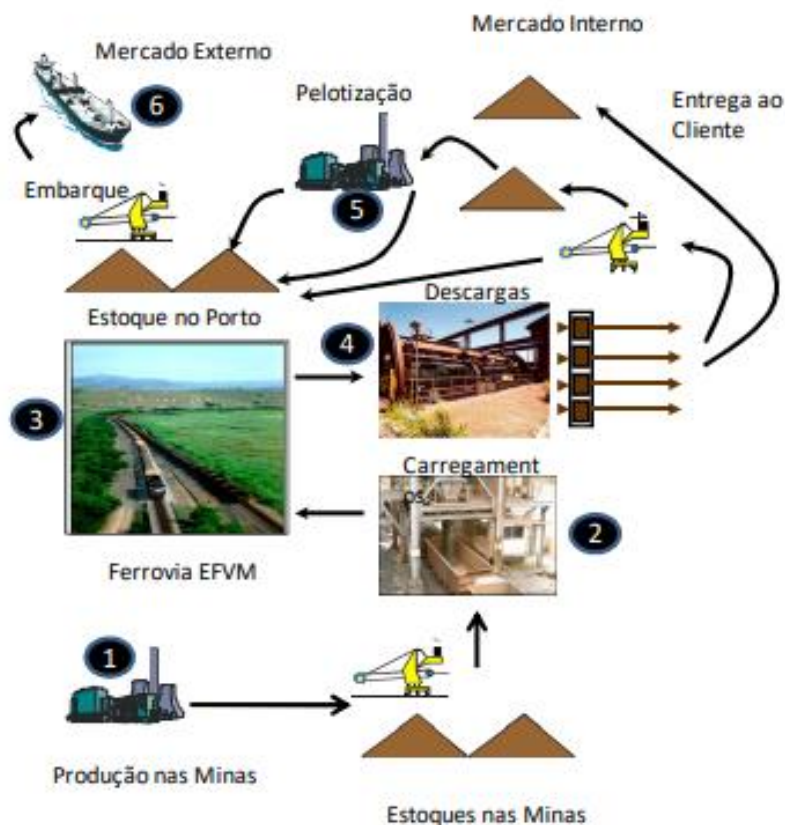
do projeto. No mercado existem bicos projetados para atuar em diversas faixas de vazão, isto se deve as características e objetivos específicos a cada projeto.

2.3 APLICAÇÃO INDUSTRIAL.

Observa-se que os supressores podem ser facilmente aplicados a quaisquer processos de manejo de minério para supressão de poeira, levando em consideração o estudo da situação e a seleção da substancia e metodologia mais adequada. Segundo Cecala (2012), a chave para o controle eficaz da poeira de pulverização úmida são a aplicação adequada de umidade, a localização cuidadosa do bico, o controle do tamanho das gotículas, a escolha do melhor padrão de pulverização, tipo de bico de pulverização e a manutenção adequada do equipamento.

Na produção até a entrega ao mercado interno e externo há uma logística, pode-se observar um modelo da cadeia de suprimentos mineral na Figura 4, em que todos os processos são considerados emissores de poeira. Destes processos, destaca-se o transporte ao destino final dos materiais e os processos de manejo realizados no porto, por demonstrarem ser abordados com mais frequência na causa de transtornos socioambientais (Meireles, R.2010).

Figura 4. Cadeia de suprimento de minério.



Fonte: Meireles, R. (2010).

Os processos de lavra e manejo da produção nas minas inevitavelmente geram poeira (extração, transporte, britagem, armazenamento, entre outros). No Brasil, geralmente as minas em exploração encontram-se distantes o suficiente para não afetar a população vizinha, enquanto que os processos que sequenciam o escoamento da produção como o manejo nos portos e transporte de um depósito a outro, consistem em um problema atual de emissão de poeira e acabam por afetar a integridade do ambiente comum ao público social (Meireles, R.2010).

O controle de poeira pode ser observado em duas etapas, tratam-se de metodologias diferentes. A prevenção de poeira consiste na ação primária e busca fazer com que se tenha a menor emissão de poeira possível enquanto que o abatimento ou captura de poeira consiste na ação secundária e busca abater a poeira que não pode ser contida pelo processo anterior.

2.3.1 Prevenção de poeira

Buscar a contenção de particulados a partir das substâncias supressoras consiste em prender as partículas junto ao leito de minério aumentando as forças de adesão das partículas, humedecendo toda a superfície de tal forma que ao sofrer atuação de forças eólicas ou trepidações causadas pelo transporte em vagões de locomotivas, caçambas, esteiras, a geração de poeira se mantenha em níveis mínimos.

Por se tratar de uma situação em que o material particulado não se encontra inicialmente em suspensão, seu processo de aplicação é menos complexo, o processo é focado em cobrir uniformemente toda a superfície do leito de minério com a solução supressora. Os processos de prevenção são comumente observados no transporte ferroviário, correias transportadoras, pilhas ao ar livre envolvendo minério de ferro e carvão mineral (CECALA, 2012)..

A eficácia da prevenção de poeira em condições dinâmicas resume-se em umectação adequada e conservar umidade por mais tempo, desta forma as partículas permanecem pesadas e menos propensas a serem arrastadas. Por conseguinte, em condição estática a formação de filmes protetores é altamente eficaz contra a perda de umidade e resistência a forças eólicas. as partículas individuais aglomeraram-se por meio de forças de adesão por capilaridade. Copeland (2009) explica que isso se dá quando as partículas individuais se aglomeraram por meio de forças de adesão por capilaridade os aglomerados retêm as partículas finas, podem formar uma camada protetora na superfície do minério que impede a partículas finas de se dispersar no ar, isto pode ser entendido a baixo na (figura 6)

Figura 5. Camada protetora em minério de ferro.



Fonte: Borba, M. (2017).

2.3.1.1 Prevenção de poeira no Transporte ferroviário de carvão mineral e minério de ferro.

O fluxo constante das locomotivas por traçado ferroviário no Brasil necessita de atenção para que a geração de poeira não cause impactos negativos as comunidades que se localizam as proximidades. Segundo LEAL FILHO (2011), A estratégia utilizada para diminuir essa geração de poeira tem sido a de aplicar sobre o topo do leito do material embarcado nos vagões um produto químico, em solução aquosa, a base de polímero. Essa aplicação (figura 7) é feita junto às minas, portos, estações após o embarque do minério nos vagões, e também durante o trajeto em estações de aspersão ao longo das ferrovias.

Estes sistemas de supressão são compostos por bicos aspersores apontados para o leito de material potencialmente emissor de poeira, objetivando depositar uniformemente a composição supressora sobre toda a superfície exposta para que todo o leito de minério esteja integralmente preparado a resistir ao máximo os efeitos de excitação dos particulados.

Figura 6. Aspersão em vagões carregados.



Fonte: Pruner tecnologia ambiental (2010).

Os bicos aspersores posicionados em uma plataforma em pontos da ferrovia são acionados à medida que a locomotiva se movimenta. Os materiais empregados para atender o processo são:

- Supressores poliméricos.
- Bicos de spray cone cheio ou cone leque.
- Estações de aspersão em pontos estratégicos das ferrovias.

2.3.1.2 Prevenção de poeira nas pilhas a céu aberto.

No pátio do porto, é armazenado minérios advindos do transporte ferroviário quanto os importados trazidos pelos navios cargueiros, estes também são transportados pelas correias transportadoras até os pátios onde são estocados em forma de pilha. As pilhas podem ser formadas com o tamanho que for conveniente ainda que possua padrões usados para melhor aproveitamento de espaço nos pátios, de qualquer maneira, são deposições consideravelmente grandes a céu aberto, suscetíveis a perturbações causadas pelos ventos, consequentemente a geração de poeira.

As mais altas temperaturas de dias ensolarados são agravantes na geração de poeira nas pilhas pelo fato de o minério perder com mais facilidade sua umidade de armazenamento (em torno de 6%), fazendo com que facilite a emissão de poeira do minério mais seco. Como esses materiais servem como matéria-prima para as unidades de processo de fabricação de aço, o aumento das perdas econômicas experimentadas também evidencia o problema (Afshar-

Mohajer, N. et al, 2011). Dessa forma, é normalmente difícil diminuir ou eliminar os níveis de emissões de material particulado somente pelo melhoramento da logística dos processos ou usando barreiras físicas de vento, como as wind fences (barreiras de vento), são necessários modos mais eficazes, como a utilização de supressores de poeira, a base de soluções aquosas aspergidas na superfície das pilhas de estocagem de minério (Portela, N. et al, 2019). A problemática tem solução semelhante ao que fora abordado nos vagões de minério. Da mesma forma, são utilizados supressores poliméricos para formação da camada protetora (figura 8).

Figura 7. Aspersão nas pilhas a céu aberto.



Fonte: Vale (2018).

Por serem de grandes dimensões (até 70 metros de base, 17,5 metros de altura), a aspersão destes corpos é executada com caminhões pipa, equipados com sistema de bombeamento capaz de gerar jatos de aspersão para alcançar o leito de minério. São usados na aspersão de polímero nas pilhas:

- Supressores poliméricos
- Caminhões pipa
- Aspersão de jato sólido de grande porte

3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APLICAÇÃO DE SUPRESSORES.

3.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O controle da quantidade de supressor solidificável a ser aplicado sobre um leito de minério é um fator importante para homogeneização e padronização de procedimentos de preparação. Em um sistema de aplicação deve haver meios de controlar tamanho de gota, vazão de aspersão, homogeneidade da solução, controle da massa de supressor requerida para a eficiência de determinada aplicação, uniformidade, padronização.

A metodologia de aplicação com bombas manuais demonstra carência de padronização em seu produto de aspersão. O processo é intermitente e o avanço da varredura do spray de aspersão é um fator que depende da habilidade física de quem está operando, tornando-se difícil efetuar uma aspersão em que haja distribuição de massa de supressor de forma homogênea sobre o corpo aspergido e posteriormente conseguir replicar este produto a outras amostras.

Figura 8. Aspersão manual.



Fonte JUNIOR R.M.S, (2018).

Baseado nos mesmos princípios de aspersão de vagões nos pontos de embarque onde a quantidade de supressor depositado em vagões é função da vazão de fluido aspergido e função da velocidade com que um vagão passa pela cortina de fluido. O mesmo procedimento foi remodelado para a bancada de aspersão de fluidos supressores construída no laboratório Fluidpar para que possa atender aplicações de supressores para testes em vagões e pilhas. Tal

decisão foi embasada no melhor custo benefício de aquisição de ferramentas e equipamentos e processo de construção.

A nova forma de aspersão passa a ser executada da seguinte forma:

- I. o corpo de minério (vagão ou pilha) posicionado nas disposições da bancada permanece estático, enquanto que os bicos se movimentam por cima do corpo, a altura de distanciamento do bico pode ser regulada manualmente.
- II. A vazão de fluido que é aspergida é constante com fluxo contínuo durante todo o processo.
- III. A variação da velocidade com que o bico aspersor se movimenta varrendo o corpo de minério determinará a quantidade de supressor depositado. Quanto mais lento a varredura, maior será a quantidade depositada, ou ainda, quanto mais rápido ocorrer a varredura, menor será a quantidade de supressor depositado, o que permitirá controle e padronização da quantidade de massa a ser aplicada em larga escala.
- IV. O bico percorre por cima do recipiente em velocidade constante para que se distribua quantidades de massa igualmente distribuída sobre o leito de minério, executando toda a aspersão em apenas uma varredura.
- V. O reservatório de onde é feita a captação da solução também executa o preparo das soluções e as mantém em agitação durante todo o procedimento.

Figura 9. Ilustração de aspersão.



Fonte: Autoria própria (2021).

3.1.1 Dimensionamento das mesas estruturais.

As mesas estruturais são devidamente construídas com dimensões (apêndice 1) para propiciar uma boa forma de operação aos colaboradores, além de receber o corpo de ensaio na mesa primária e fixar os equipamentos do sistema de translado do bico aspersor na mesa secundária.

As dimensões de largura e comprimento da mesa primária são definidas a fim de se obter um espaço adequado para recepcionar e aspergir os diversos tipos de recipientes e leitos de minério, a altura da mesa é definida em uma medida adequada para ser operada por uma pessoa em pé de tamanho médio Brasileiro.

As dimensões de largura e comprimento da mesa secundária são definidas a fim de recepcionar os equipamentos do sistema de traslado (mancais, fuso, guias), a altura da mesa é definida em uma medida em que se obtenha espaço para regulagem do distanciamento entre o bico e a mesa primária.

3.1.2 Sistema de bombeamento e agitação de solução.

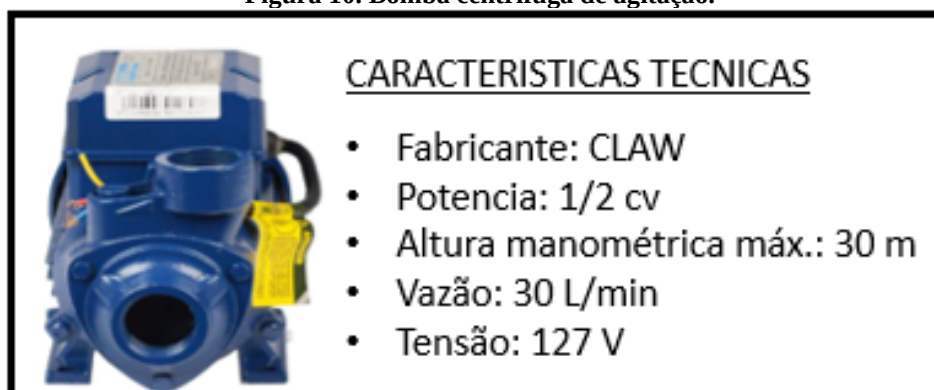
Este sistema é projetado para realizar a dissolução de composições de supressores de poeira em soluções aquosas e executar a captação destas até serem aspergidas pelos bicos.

O sistema é composto por:

- Bomba centrífuga de agitação
- Bomba diafragma de captação
- Manômetro
- Reservatório
- Tubulações e conexões

A bomba empregada na agitação do reservatório consiste em uma bomba centrífuga com motor elétrico de potência $\frac{1}{2}$ cv que desempenha a agitação captando o conteúdo do reservatório e bombeando de volta para o reservatório, seus dados técnicos de vazão e pressão de nada interferem no funcionamento do equipamento.

Figura 10. Bomba centrífuga de agitação.



Fonte: Autoria própria

A bomba empregada na captação é dimensionada pra trabalhar com uma pressão de 7 bar (requisito pré-estabelecido para compatibilidade com bicos aspersores a ser utilizados), não necessita de capacidade de recalques elevados, tampouco valores preestabelecidos de vazão.

Figura 11. Bomba diafragma alta pressão.



Fonte: Autoria própria, (2021).

O manômetro é instalado na saída da bomba de captação, para monitoramento da pressão durante o funcionamento do sistema.

Figura 12. Manômetro utilizado.



Fonte: Autoria própria, (2021).

3.1.3 Sistema de translado do bico aspersor.

Este sistema é projetado para portar um bico aspersor e movimenta-lo sobre as disposições da bancada. A movimentação ocorre em apenas um eixo, na direção horizontal, podendo percorrer uma distância de 1.000 mm.

O sistema é composto por:

- Eixo retificado 25mm
- Suporte SK25
- Fuso trapezoidal 20mm
- Mancal BK20
- Servo motor ECMA
- Acoplamento flexível

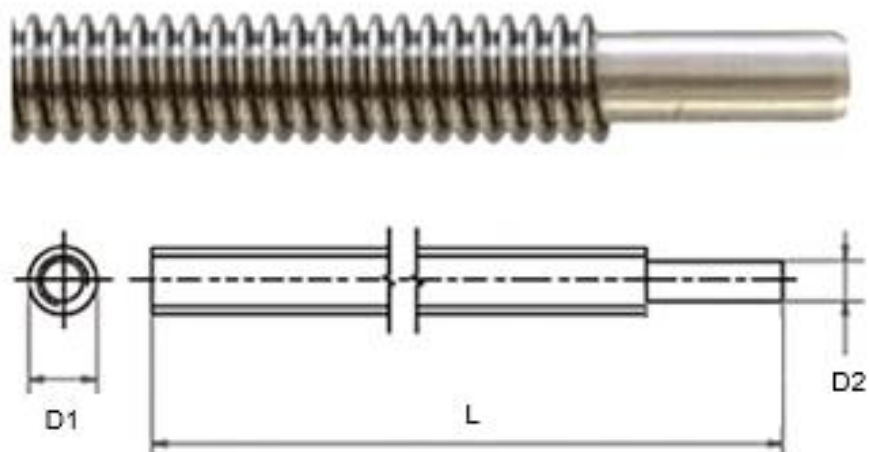
Figura 13. Peças essenciais do sistema.



Fonte: Autoria própria, (2021).

O fuso trapezoidal utilizado consiste em uma peça reutilizada e mostrou-se apta a atender o projeto sem sofrer esforços, possui as seguintes especificações:

Figura 14. Ilustração fuso.



Fonte: Autoria própria, (2021).

Tabela 1. Dados técnicos do fuso trapezoidal.

Diâmetro do corpo [D1] (mm)	Diâmetro da ponteira [D2] (mm)	Comprimento total [L] (mm)	Passo (mm)
16,0	10,0	1060,0	2,0

Fonte: Autoria própria.

A força motriz é gerada por um servo motor, seu eixo é acoplado ao fuso a partir de um acoplamento flexível, desta forma, a transmissão de giro do motor ao fuso possui a relação 1:1. Na figura a seguir observa-se o modelo e as principais características técnicas:

Figura 15. Servo motor empregado.

Fonte: Adaptado de Kalatec automação.

3.1.4 Sistema de controle.

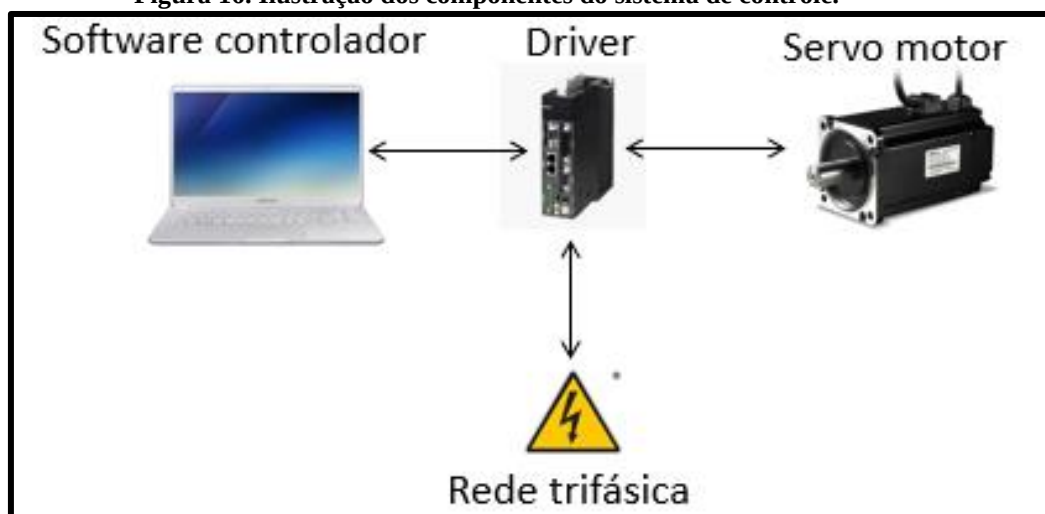
O sistema de controle é obtido a partir do funcionamento em conjunto do sistema de bombeamento e sistema de translado do bico. O sistema de controle é primordial para delimitar a quantidade de material supressor que será aspergido sobre o corpo de minério. A quantidade de material depositado, por sua vez, pode variar de acordo com as dimensões do corpo de minério, tipo de ensaio e quantidades de deposição estipuladas por estes em gramas por milímetros quadrados [g/mm²].

3.1.4.1 Descrição do sistema de controle

O sistema de controle é composto por equipamentos e dispositivos responsáveis por acionar, configurar, controlar o servo motor, para isso dispõem-se de um driver controlador compatível com o servo motor, um software de configuração de comandos, um computador básico e os cabos de interconexão e alimentação:

- Servo motor
- Driver controlador
- Cabo encoder
- Cabo USB
- Cabos de potência
- Computador
- Software ASDA_SOFT

Figura 16. Ilustração dos componentes do sistema de controle.



Fonte: Autoria própria, (2021).

O software programador (ASDA_SOFT) é disponibilizado pelo fabricante do driver controlador. Através do acesso a interface do software, se tem controle sobre as revoluções do motor. Juntamente com as informações do passo do fuso usado é calculado quantas revoluções são necessárias para que o bico realize determinado percurso, posteriormente ajusta-se a velocidade com que deve ser feito esse trajeto descrito por um número N de revoluções. Ao fim do percurso, após um intervalo de tempo de 60 segundos é configurado o mesmo número de revoluções no sentido reverso, para que o bico aspersor retorne à posição inicial, apto a uma nova aspersão (apêndice 3).

3.2 SELEÇÃO DOS BICOS DE PULVERIZAÇÃO

3.2.1 Análise do tipo de bico

No processo de aspersão é desejado que um supressor seja depositado de forma contínua e uniforme sobre todo o leito do corpo de minério. Partindo do modo de aplicação e das dimensões da bancada, foi observado que o bico a ser empregado deve formar um jato na forma

de uma cortina plana de secção delgada, pois trata-se de uma aspersão por varredura em um protótipo de vagão em escala muito reduzida, os perfis de spray cone oco e cone cheio não se aplicam visto que a secção circular projetada por estes englobaria uma grande porcentagem da área do mini vagão dificultado o controle de aspersão.

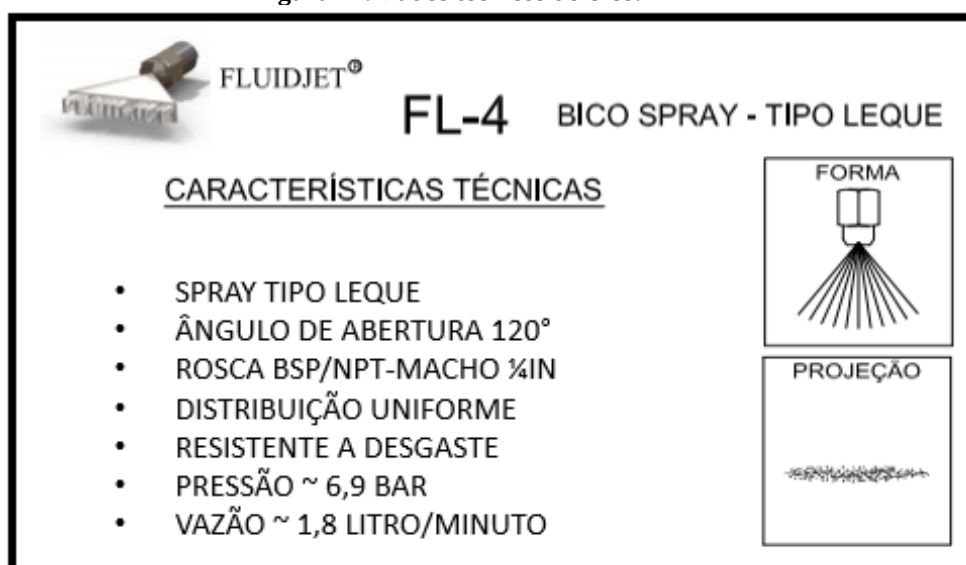
Constatou-se, a partir das dimensões do problema, que apenas um bico é capaz de suprir todas as demandas da bancada, a angulação de abertura do jato mostra ser eficiente para valores de 40 a 65 graus. O bico deve ainda possuir uma pressão de trabalho em torno de 7 Bar por ser um critério de pressão do processo de aspersão simulado.

Desta forma, ao consultar fabricantes de bicos aspersores foi possível encontrar modelos que atendam ao projeto. Buscou-se nos catálogos por bicos perfil leque (ou flat, como são conhecidos) com um ângulo de abertura num intervalo de 40° a 60°. Entretanto, foi cedido para o estudo da bancada, uma unidade de um bico aspersor perfil leque com ângulo de abertura 120°, ainda que não seja na faixa de angulação almejada, apresenta-se funcional.

3.2.2 Especificação do bico.

O bico utilizado inicialmente consiste no modelo de perfil de jateamento Flat (leque), com um ângulo de abertura de 120°, pressão de trabalho de 7 Bar a uma vazão ajustada por volta de 1,4 litros por minuto. Consiste em um bico reaproveitado comumente utilizado nas estações de aspersão de vagões de minério, ainda que apresente uma angulação obtusa (o que gera o não aproveitamento de boa parte do jato), poderá ser empregado sem muitas complicações após a calibragem.

Figura 17. Dados técnicos do bico.



Fonte: Adaptado de Fluidjet, catalogo de bico FL-4.

3.3 DETERMINAÇÃO DA MASSA DE SUPRESSOR APLICADA

Pode-se aspergir diversos valores de massa em um recipiente, cada tipo de estudo pode conter um modelo de recipiente com dimensões variadas e uma quantidade de massa padrão de supressor a ser usada, desta forma, vale ressaltar de início, a capacidade do equipamento em atender as condições de máxima deposição possível e mínima deposição possível.

A máxima deposição possível não se constitui um fator limitante do equipamento visto que podem ser imprimidas velocidades angulares minúsculas próximas de zero e será visto no equacionamento em seguida que a velocidade angular é inversamente proporcional a quantidade de massa depositada.

O fator limitante consiste na mínima deposição possível para um corpo qualquer, isto implica que antes de buscar uma calibragem para um determinado padrão de aspersão, deve ser observado se o equipamento é capaz de atender tal padrão de aspersão. Com isso, é criada a curva de compatibilidade em que exibe de maneira gráfica se haverá êxito. Os cálculos utilizam as informações técnicas da bomba centrífuga empregada, servo motor e o fuso trapezoidal utilizado.

A bomba trabalha em regime constante no sistema, o fabricante fornece as informações de funcionamento do equipamento, entretanto a estricção do canal de recalque da bomba na entrada dos bicos requer uma reavaliação na vazão real do sistema.

A partir dos efeitos de perda de carga da tubulação, perda de carga pela instalação de dispositivos para controle de vazão e pressão, perda de carga do bico instalado, ajusta-se a vazão real do sistema para valores em 1,14 L/m (19 mL/s). Com o apanhado de dados técnicos é possível determinar a quantidade de massa de supressão que será aspergida.

A velocidade mínima pode se aproximar de 0,0 m/s e não se mostrou ser um fator limitante para o bom desempenho da bancada. Entretanto a velocidade máxima é delimitada pelos dados de rotação máxima do servo motor (Figura 17), e pode ser determinada da seguinte forma:

$$Vmax_t = W.P \quad (1)$$

Em que:

$Vmax_t$ - Velocidade máxima de translado [mm/s];

W- Velocidade angular máxima do motor [rev/s];

P- Passo do fuso instalado no eixo do motor [mm];

Logo:

$$V_{max_t} = \left(83,0 \left[\frac{rev}{s}\right]\right) \cdot \left(2,0 \left[\frac{mm}{rev}\right]\right)$$

$$V_{max_t} = 166,0[mm/s].$$

Esta velocidade máxima delimita a quantidade mínima possível de massa de supressor aspergido, visto que, quanto mais rápida a varredura (para uma vazão constante), menor será a quantidade de material depositado. Para correlacionar a velocidade de translado com a vazão mássica do sistema e determinar a massa aspergida, é necessário estimar o tempo em que leva para efetuar uma a varredura em um corpo (vagão ou pilha). Trata-se de um movimento retilíneo uniforme (ilustrado na figura 14), que pode ser remontado com as variáveis do problema em questão:

$$V = \frac{L}{t_{var}} \quad (2)$$

Sendo:

V- Velocidade[mm/s];

L- Comprimento do corpo a ser aspergido [mm];

t_{var} - Tempo de varredura [s];

O comprimento do corpo é um parâmetro que varia com a pilha ou o vagão a ser aspergido, conseqüentemente o tempo de varredura também varia de acordo com o comprimento do corpo. Desta maneira, desenvolve-se o equacionamento sem a atribuição previa de um comprimento D[mm].

$$t_{var} = \frac{L}{V} \quad (3)$$

Logo, tem-se que o tempo de varredura sob velocidade máxima é dado por:

$$t_{var} = \frac{L[mm]}{166[mm/s]} \quad (4)$$

A partir do tempo de varredura correlaciona-se os dados já obtidos com a equação da vazão mássica para se obter a massa aspergida. De início, temos a vazão volumétrica impressa

pelo sistema de bombeamento, sabendo a massa específica da solução a se utilizar, se pode evidenciar a vazão mássica coma igualdade:

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho \quad (5)$$

Onde:

$\dot{m}$ -Vazão mássica [g/s];

$\dot{V}$ -Vazão volumétrica [cm³/s]

ρ -Massa específica [g/cm³]

A vazão mássica é dada por:

$$\dot{m} = \frac{m}{\Delta t} \quad (6)$$

$\dot{m}$ -Vazão mássica [g/s];

m- Massa [g];

Δt -Intervalo de tempo [s];

Reescrevendo a equação com as informações conhecidas, correlaciona-se as equações (5) e (6) e obtém-se a igualdade:

$$\dot{V} \cdot \rho = \frac{m}{\Delta t} \quad (7)$$

Como considerado a massa específica das soluções semelhantes à da água, podemos aproximar que 1 litro aspergido corresponde a 1 Kg, da mesma forma 1 ml = 1 cm³ corresponde a 1 g em massa aspergida, desta forma considera-se a vazão volumétrica [19 cm³/s] (vazão real abordada nas características da bomba volumétrica) correspondente a vazão mássica [19g/s]. desta forma, é possível estimar a massa aspergida reescrevendo a (equação 7) como:

$$m = \dot{V} \cdot \rho \cdot \Delta t \quad (8)$$

Para que se obtenha a massa de solução supressora que recai sobre o corpo (pilha ou vagão) Δt (intervalo de tempo) corresponde ao t_{var} (tempo de uma varredura). Correlacionando as equações (8) e (3) tem-se que a massa de supressor aspergida sobre o corpo é dada por:

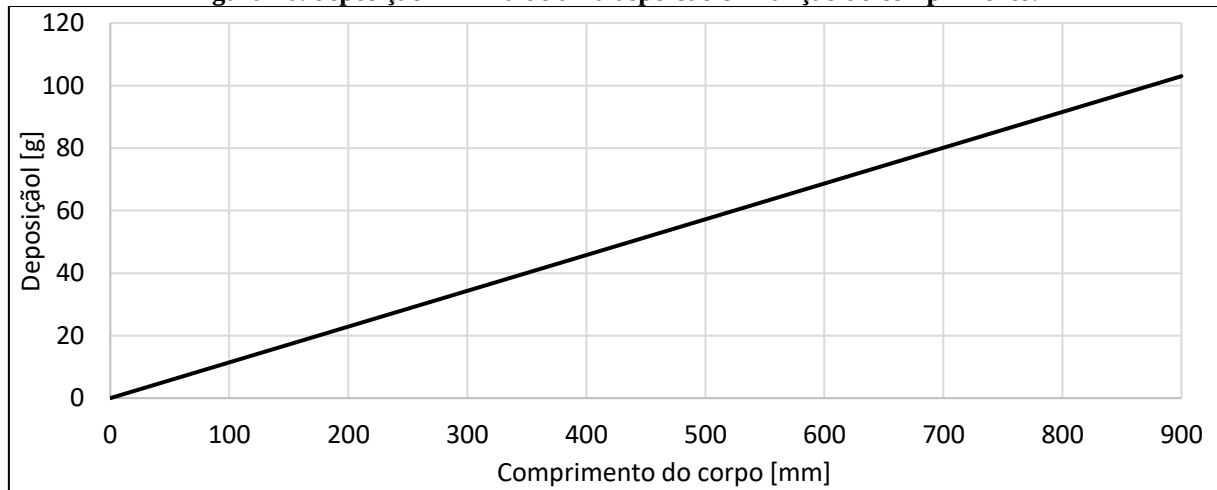
$$m = \dot{V} \cdot \rho \frac{D}{V} \quad (9)$$

Sabe-se que $\dot{m}$ é um valor constante determinado pelas características do sistema de bombeamento, o comprimento do corpo (L) e a velocidade de translado (V) são as variáveis que determinarão o quanto de massa será aspergida. Importante ressaltar que as maiores quantidades de supressor aplicadas podem ser alcançadas quando (V) tende a zero. Entretanto, a quantidade mínima possível de supressor a ser depositado tem seu limite mínimo atingido quando o motor de passo atinge a sua velocidade máxima (W) de 83,0 [rev/s], o que resulta numa velocidade máxima de translado de $V_{max_t} = 166,0[mm/s]$. Desta forma, obtém-se que a quantidade mínima de massa capaz de ser aspergida pelo equipamento varia em função de D:

$$m_m = (19 \left[\frac{g}{s} \right]) \cdot (1 \left[\frac{g}{mm} \right]) \cdot \frac{L [mm]}{166,0[mm/s]} \quad (10)$$

A curva de compatibilidade obtida a partir da equação (10) para diversos comprimentos de corpos D possíveis é obtida:

Figura 20. deposição mínima de uma aspersão em função do comprimento.



Fonte: Autoria própria, (2021).

Para que um procedimento de aspersão de um corpo de comprimento L (eixo x) se mostre compatível, seu valor de deposição almejada (eixo y) deve ser igual ou maior que valor delimitado pela curva de compatibilidade y(x).

Ao se mostrar compatível, finalmente a massa requerida pode ser alcançada utilizando a equação (9) como equação de calibração inicial do equipamento. Atribui-se a massa de deposição almejada a m e utilização dos valores conhecidos $\dot{V}$, ρ e L , desta forma a variável do

problema passa a ser apenas a velocidade angular W e a equação (9) é remontada com a consideração de igualdade da equação da velocidade de translado (1):

$$m = \dot{V} \cdot \rho \frac{L}{V} \quad (\text{equação 9})$$

$$V = W \cdot P \quad (\text{equação 1})$$

$$m = \dot{V} \cdot \rho \frac{L}{W \cdot P} \quad (\text{equação 9 remontada})$$

$$W = \dot{V} \cdot \rho \frac{L}{P \cdot m} \quad (11)$$

Onde:

W - Velocidade angular máxima do motor [rev/s];

$\dot{V}$ -Vazão volumétrica [cm³/s];

ρ -Massa específica [g/cm³];

P - Passo do fuso instalado no eixo do motor [mm];

L - Comprimento do corpo a ser aspergido [mm];

m - Massa [g];

Atribuindo valores constantes a equação (11) se pode escrever:

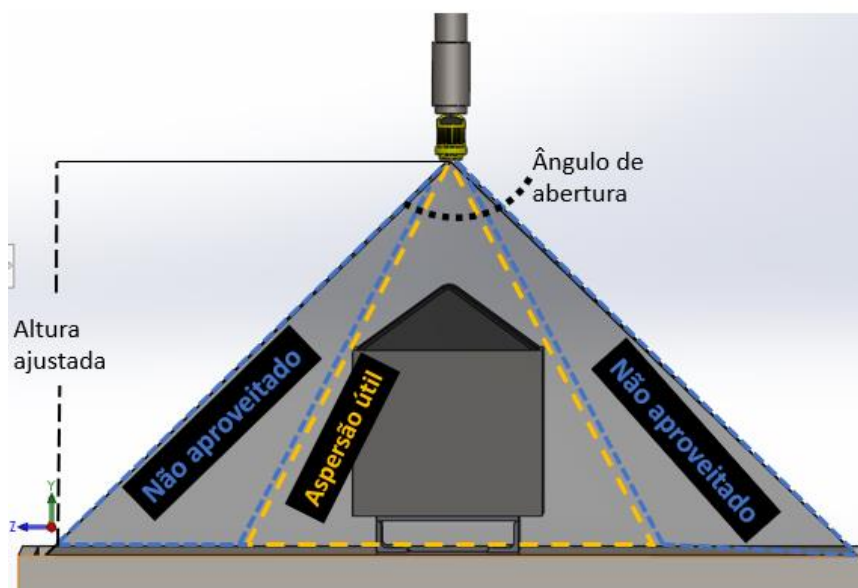
$$W = 19 \cdot \rho \frac{L}{2 \cdot m}$$

Os valores obtidos para a velocidade angular (W) correspondem a velocidade angular a ser utilizada na programação do controlador do motor de passo para que se tenha a deposição de massa almejada.

3.3.1 Calibração

Além da calibração empírica, se faz necessário a calibração física a partir da regulagem de altura dos bicos pois ocorre que, para muitos casos a abertura do spray leque e a projeção de sua varredura excede a dimensão de largura do corpo (pilha ou vagão) fazendo com que apenas uma parte do spray seja considerado aspersão útil.

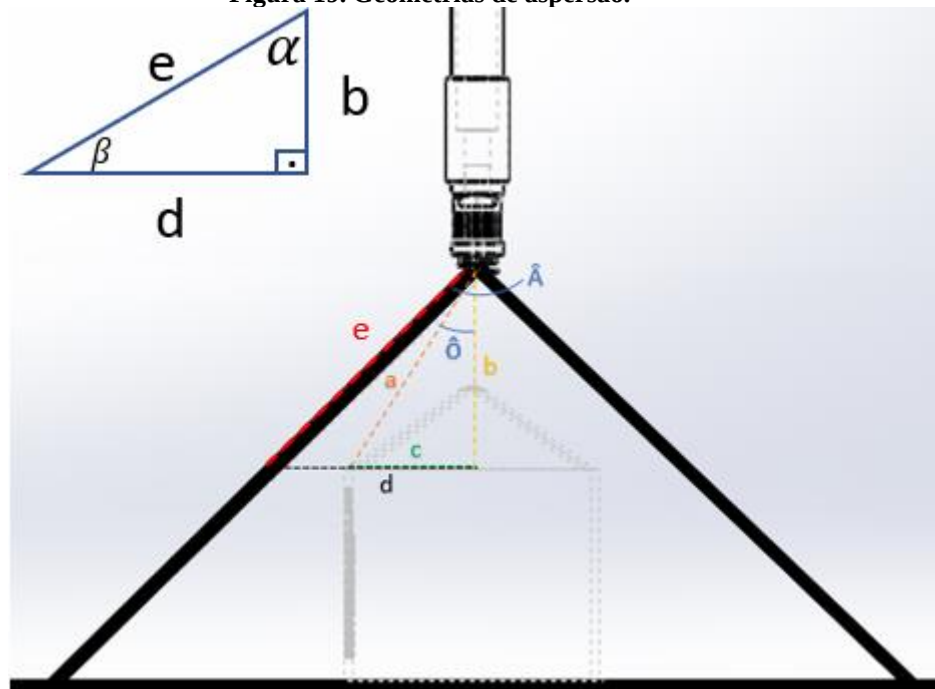
Figura 18. Calibração do spray.



Fonte: Autoria própria, (2021).

A calibração física a partir da regulagem da altura dos bicos é requerida para cada dimensão de recipiente ou leito de minério, até que se atinja na aspersão útil o valor padronizado requerido de um determinado experimento (gramas de supressor/recipiente ou leito). A aspersão útil pode ser entendida empiricamente como uma porcentagem da vazão mássica do sistema que é aproveitado, ou ainda, como um coeficiente de aproveitamento real da aspersão. A partir do esboço da figura (20) é entendido os parâmetros geométricos que constituem o equacionamento para obtenção do coeficiente de aspersão.

Figura 19. Geometrias de aspersão.



Fonte: Autoria própria, (2021).

O comprimento “b” ilustrado pelo tracejado amarelo corresponde a distância entre o ponto de aspersão e a base do leito de minério, é um parâmetro de livre configuração que pode ser medido e ajustado com auxílio de uma régua ainda que seja recomendado afastar o bico a uma distância em que o jateamento não assoreie a superfície de minério.

O parâmetro “c” também é um valor conhecido e corresponde à metade da largura da base do recipiente usado, ou metade da largura do leito de uma determinada pilha, ambos podendo ser de uma dimensão qualquer. Sabendo que o valor de “Â” corresponde ao ângulo de abertura qualquer, de um bico perfil leque, a partir dos valores conhecidos e de relações trigonométricas.

De forma genérica o coeficiente de aproveitamento é entendido como a razão entre a área de aspersão útil (zona de aspersão útil da figura 19) e a área de aspersão total (somatório da zona de aspersão útil e zona não aproveitada da figura 19) delimitadas pelo perfil de jateamento do bico aspersor:

$$\phi = \frac{\text{area aspersão útil}}{\text{area aspersão total}} \quad (12)$$

A área pode ser entendida como a área de um triângulo isósceles ou repartindo a (figura 19) ao meio como tracejado na (figura 20) pode ser entendido como a área de 2 triângulos retângulos. Desta forma se pode escrever.

$$\phi = \frac{2 \cdot (c \cdot b/2)}{2 \cdot (d \cdot b/2)} \quad (12)$$

$$\phi = \frac{c}{d} \quad (13)$$

Onde:

ϕ - Coeficiente de aproveitamento [adimensional];

c - Metade da largura da base do leito no objeto [mm];

d – Metade da largura projetada pelo perfil do bico na cota da base do leito no objeto [mm];

As medidas “c” e “b” podem ser facilmente coletadas com o auxílio de uma régua graduada comum medindo a largura do objeto e o distanciamento configurado entre o bico e a cota delimitada. A medida “d” pode ser aferida a partir do ângulo de abertura do jato e relações trigonométricas. Se escreve a igualdade:

$$b = e \cdot \cos \alpha \quad (14)$$

Manipulando, se pode obter:

$$e = b / \cos \alpha \quad (15)$$

Escrito a igualdade:

$$d = e \cdot \sin \alpha \quad (16)$$

substituindo a equação (14) na equação (15) obtém-se:

$$d = b \cdot \tan \alpha \quad (17)$$

substituindo a equação (17) na equação (13) obtém-se:

$$\phi = \frac{c}{b \cdot \tan \alpha} \quad (18)$$

Simplificando, obtém-se a equação definitiva do coeficiente de aproveitamento:

$$\phi = \frac{c}{b} \cdot \cot g(\hat{A}/2) \quad (19)$$

Onde:

ϕ - Coeficiente de aproveitamento [adimensional];

c - Metade da largura da base do leito no objeto [mm];

b - Distanciamento configurado entre o bico e a cota delimitada [mm];

α - Metade do ângulo de abertura do perfil do bico;

O coeficiente de aproveitamento ϕ é aplicado a equação (7) para a correção da quantidade de massa depositada na área de aspersão útil, então pode ser reescrita como massa aspergida corrigida da seguinte maneira:

$$mc = \dot{V} \cdot \mu \cdot \frac{D}{V} \cdot \phi \quad (20)$$

Onde:

mc- Massa aspergida corrigida [g];

$\dot{V}$ - Vazão volumétrica do sistema [mL/s];

μ - Massa específica da solução [g/mL];

D- Comprimento do corpo [mm];

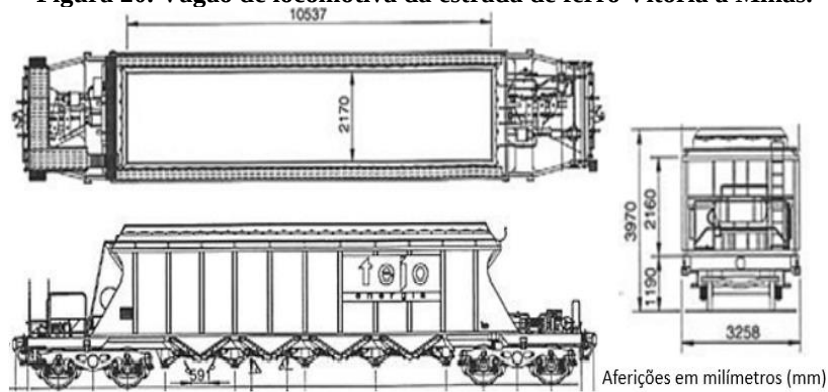
V- Velocidade de translado [mm/s];

ϕ -Coeficiente de aproveitamento;

Nas aplicações da bancada evidencia-se aspersão de recipientes como representação de vagão de minério ou pilhas a céu aberto em escalas reduzidas, entretanto, esta não se restringe a apenas estes modelos de aspersão.

Para os tipos de ensaios previstos no laboratório Fluidpar, se dispõe de vagões em escalas reduzidas que tem por objetivo representar o modelo dos vagões de locomotivas que transportam minério. As figuras a seguir exibem as dimensões do vagão de locomotiva e suas miniaturas representativas usadas em experimentos no laboratório.

Figura 20. Vagão de locomotiva da estrada de ferro Vitoria a Minas.



Fonte: Adaptado de Ferreira e Vaz (2004).

Figura 21. Vagões em escalas reduzidas.

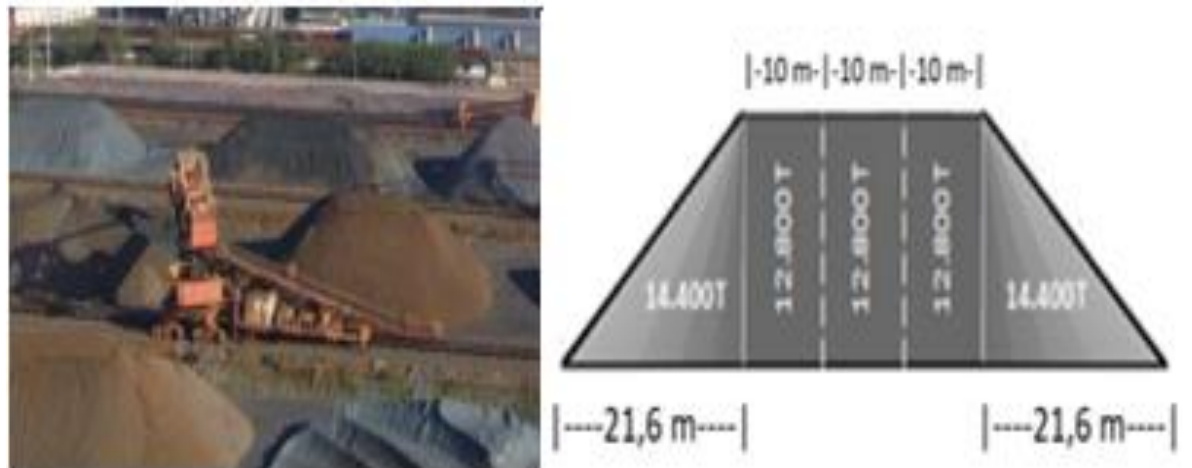


Dimensões dos vagões utilizados em ensaios de laboratório			
Tipos	Largura (mm)	Comprimento(mm)	Altura(mm)
Vagão 1	200	300	200
Vagão 2	166	566	100
Vagão 3	120	440	70
Vagão 4	87	120	55
Vagão 5	50	96	12

Fonte: Autoria própria, (2021).

Da mesma maneira, pode-se dispor de pilhas de dimensões variadas em escala reduzida para representação das grandes pilhas de estocagem de minério. Em laboratório, o empilhamento com minério é efetuado em uma superfície plana e moldado manualmente para obtenção da forma do empilhamento real, desta maneira a área superficial e a forma do leito em escala reduzida é copiada semelhante a condição real.

Figura 22. Dimensões das pilhas nos pátios.



Fonte: Diretoria de inovação e desenvolvimento, Vale (adaptado).

Figura 23. Dimensões das pilhas em laboratório.



Fonte: Autoria própria, (2021).

4. PROJETO DA BANCADA DE ASPERSÃO DE FLUIDOS SUPRESSORES

O equipamento consiste na união de todas as ferramentas apresentadas, sistemas e dispositivos dimensionados em um modelo de bancada compacto, versátil e simples de ser fabricado.

As mesas estruturais construídas são unidas por parafusos, sendo a menor sobreposta sobre a mesa maior formando uma única peça para ser fixada ao chão e permanecer de maneira firme, estas com furações compatíveis para recepção do sistema de translação.

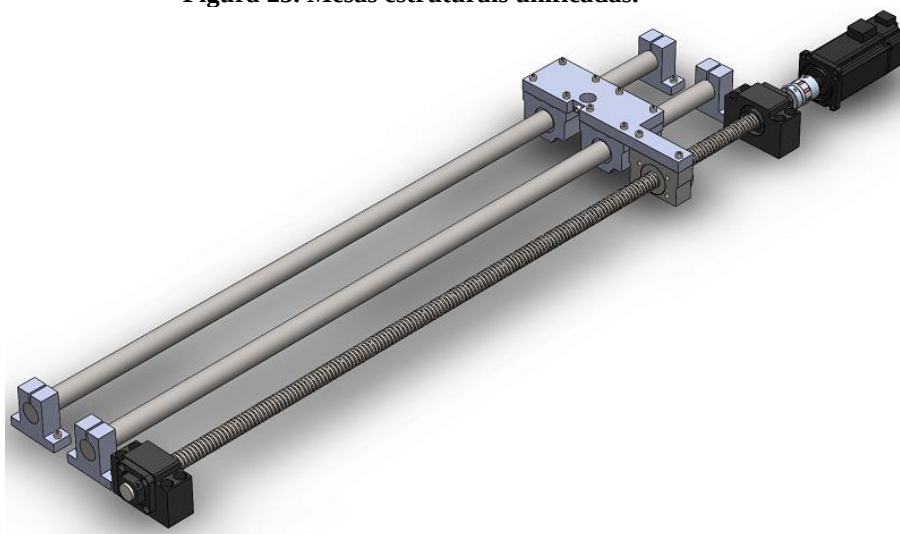
Figura 24. Mesas estruturais unificadas.



Fonte: Autoria própria (2021).

Constrói-se o sistema de translação montando dois conjuntos guias (dois suportes de fixação de guia SK-25, duas guias lineares retificadas de 25mm e dois rolamentos SC25UU) juntamente com um conjunto motor (um servo motor ECMA, um acoplamento flexível, um fuso trapezoidal e dois mancais BK20).

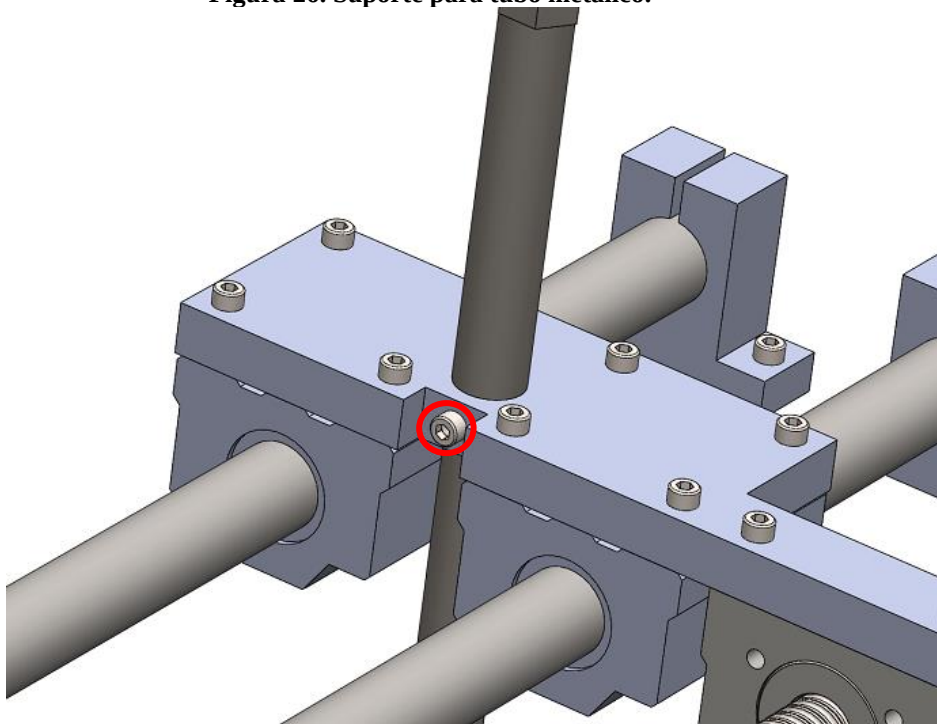
Figura 25. Mesas estruturais unificadas.



Fonte: Autoria própria (2021).

Junto ao sistema de translação é fixado um suporte projetado para receber o tubo metálico regulador de altura. O suporte possui uma furação roscada para inserção de um parafuso (circulado em vermelho na imagem) responsável por prender o tubo metálico em uma posição desejada. Com o parafuso desenroscado é possível ajustar o posicionamento desejado e por fim, ao apertá-lo o tubo permanecerá fixo.

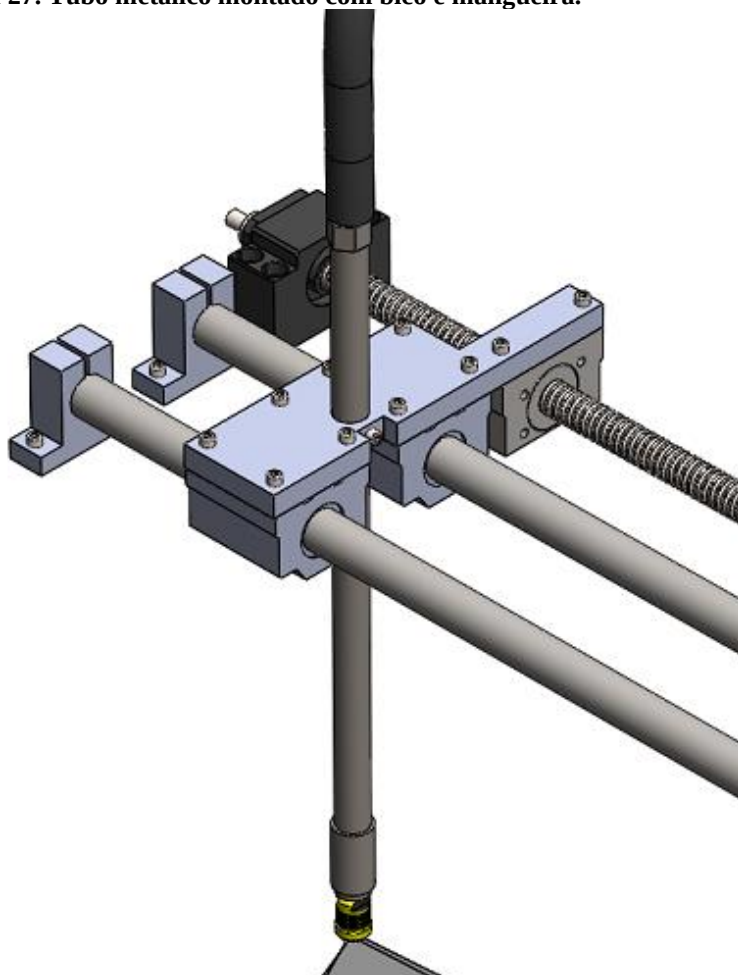
Figura 26. Suporte para tubo metálico.



Fonte: Autoria própria (2021).

Por sua vez, o tubo metálico é projetado para receber uma mangueira flexível em uma extremidade através de um conector espiga para mangueira e receber o bico aspersor na outra extremidade através de conexões roscadas para tubulações metálicas.

Figura 27. Tubo metálico montado com bico e mangueira.



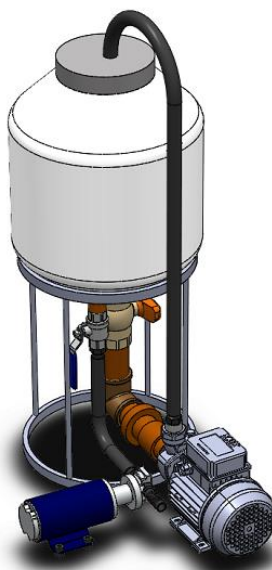
Fonte: Autoria própria (2021).

A mangueira flexível conectada no tubo metálico é fixada através de abraçadeiras metálicas, sua outra extremidade é conduzida até o canal de recalque da bomba de aspersão, junto ao canal de recalque é enroscado uma conexão com saída espiga para que a mangueira possa ser conectada e fixada da mesma maneira.

A bomba de aspersão tem seu canal de captação interligado ao reservatório misturador, esta ligação poderá ser efetuada com tubos e conexões reaproveitados de diâmetro 50 milímetros.

O reservatório misturador recebe além da bomba de aspersão, a segunda bomba que realizará captação da solução contida no reservatório e recalcará para dentro do reservatório novamente, efetuando a agitação e conservando a homogeneidade das soluções preparadas.

Figura 28. Reservatório e sistemas de bombeamento.

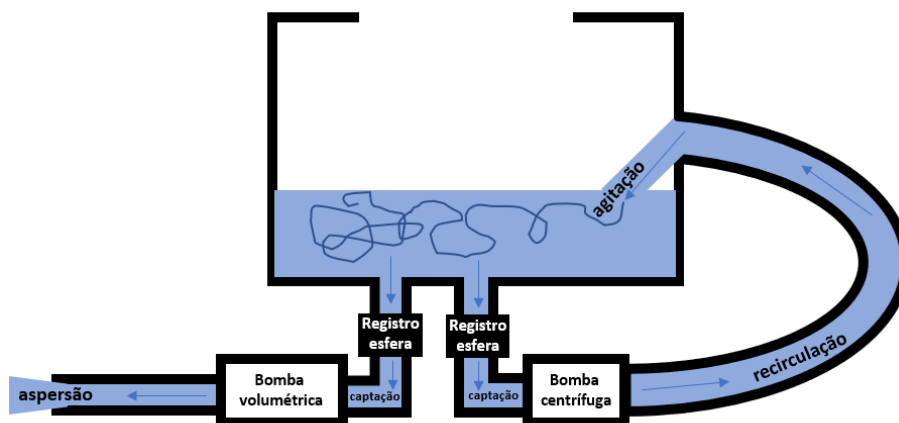


Fonte: Autoria própria (2021).

A bomba de aspersão requer fonte de corrente contínua, enquanto que a bomba misturadora requer fonte de corrente alternada. É projetado o acionamento de ambas de forma independente a partir de dispositivos interruptores de corrente elétrica, visto que é desejado que a bomba misturadora permaneça acionada de forma contínua, enquanto que a bomba aspersora requer acionamento apenas durante o intervalo de tempo de uma aspersão.

O sistema pode ser representado por um diagrama simplificado que exhibe como funcionará o sistema criado entre o reservatório e as duas bombas. O reservatório previamente alimentado com a solução de estudo permite a captação da bomba centrífuga que retorna a solução para dentro do reservatório. Paralelamente, a bomba volumétrica faz sua captação para a realização da aspersão.

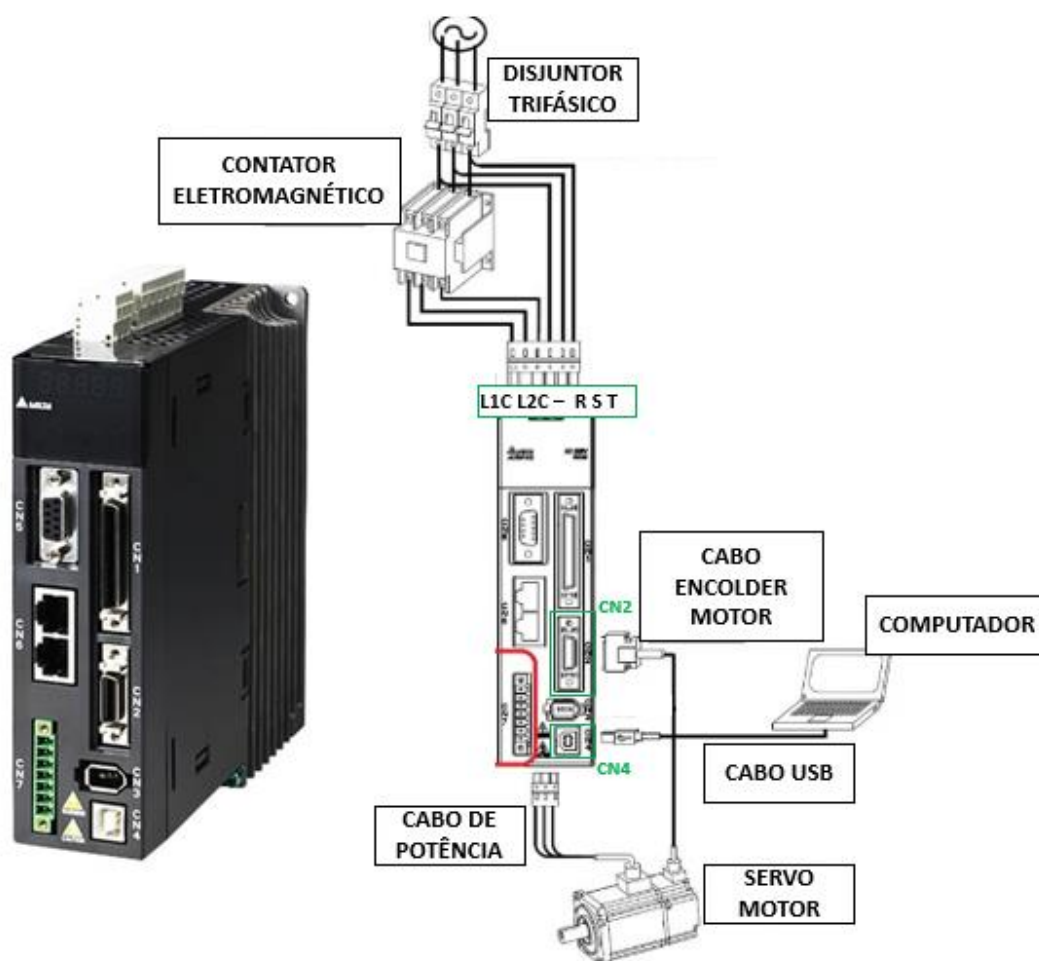
Figura 29. Diagrama esquemático dos sistemas de bombeamento.



Fonte: Autoria própria (2021).

A aspersão automatizada é comandada pelo ASDA_SOFT que controla todos os movimentos do servo motor. O driver ASDA-a2 é alimentado por uma rede de energia trifásica na pela porta RST, a porta CN4 recebe o cabo de comunicação entre o driver ASDA-a2 e o computador de operação, enquanto que a porta CN4 comunica o servo motor ao driver ASDA-a2. Os cabos de alimentação do servo motor são conectados nos receptores de alimentação elétricas porta MOTOR UVW.

Figura 30. Esquema de montagem do sistema de controle.

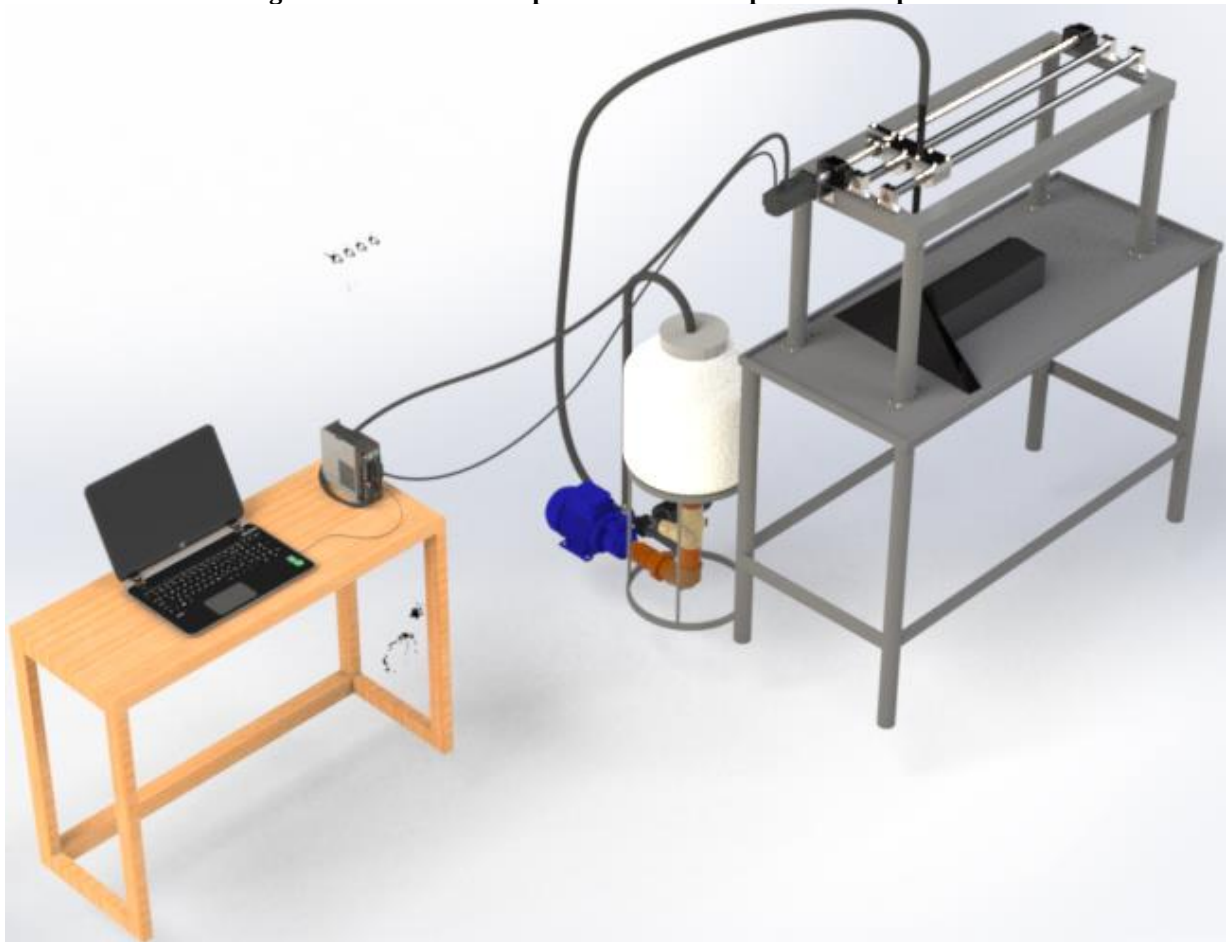


Fonte: Autoria própria (2021).

4.1 APRESENTAÇÃO FINAL DO EQUIPAMENTO

Concluídas as etapas de dimensionamento, especificação de componentes e princípios de funcionamento dos sub sistemas, obtém-se a Bancada de Aspersão de Fluidos Supressores de Poeira. A visão geral do equipamento pode ser visualizada a partir de uma modelagem 3D exibida da figura 39.

Figura 31. Bancada de aspersão defluidos supressores de poeira.



Fonte: Autoria própria (2021).

5. CONCLUSÃO

Por tanto, propõe -se através deste projeto, a concepção de uma bancada de aspersão de fluidos supressores de poeira para o aprimoramento dos processos de preparo de amostras de ensaios diversos frente as necessidades existentes. Desta forma foi realizada a projeção do equipamento adequando dispositivos e ferramentas que se encontravam guardados nas disposições do laboratório propiciando um melhor aproveitamento de recursos.

O equipamento se dispõe a atender aos processos de aspersão em pilhas e vagões e ainda quaisquer outras possíveis aplicações que envolvam aspersão, o equipamento permite várias configurações para atender a um funcionamento calibrado para determinado caso. As limitações se encontram na construção do equipamento buscando ao máximo montar todos os sistemas com os recursos disponíveis para o presente momento.

O equipamento projetado é apto a aspergir objetos com amostra de minérios, leitos de minério com o melhor padrão de aspersão estudado. A concepção deste projeto resultará em uma melhoria significativa na padronização de experimentos em pequena ou larga escala, além de demonstrar o comprometimento em buscar precisão nos resultados que serão gerados.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A bancada de aspersão de fluidos supressores de poeira projetada estará suscetível a melhorias a serem requeridas pelas aplicabilidades do laboratório por se tratar de um equipamento pioneiro em aspersão automatizada. As sugestões de aprimoramento são:

- Realização de testes experimentais da bancada e seus resultados.
- Desenvolvimento de um sistema de pesagem instantânea com instalação de célula de carga.
- Desenvolvimento de um sistema de controle de aspersão por delimitação de massa, correlacionando o sistema de translado, sistema de bombeamento e sistema de pesagem em um único sistema de controle computadorizado.

REFERENCIAS

ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. São Paulo, 1999. 194 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

AFSHAR-MOHAJER, N.; TORKIAN, A. **Diffuse Emissions of Particles from Iron Ore Piles by Wind Erosion**. *Environmental Engineering Science*, 28. p. 333-339, 2011.

ANDREW B. C. et al. **Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing**, 201.

PINHEIRO W. F. et al. **Principais Substâncias Metálicas**. ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO. Brasília: DNPM, 2018.

FURQUIM C. ET AL. **Benefícios do Despoeiramento com Controle Automatizado em Pilhas de Minério e Carvão**. Dust Control Team Spraying Systems do Brasil, 2020.

COPELAND, C. R.; EISELE, T.C.; KAWATRA, S.K. **Suppression of airborne particulates in iron ore processing facilities**. *Int. J. Miner. Process.*, 93, 232-238, 2009.

FERNANDES, F.R.C.; MATOS, G.M.M.; CASTILHOS, Z.C.; LUZ, A.B. **Tendências tecnológicas Brasil 2015**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/livros/item/48-tendencias-tecnologicas-brasil-2015-geociencias-e-tecnologia-mineral> Acesso em: 06 fev. 2021.

FOGAÇA, J. **O que são os polímeros**. Manual da Química. 2016. Disponível em: <https://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-organica/o-que-sao-os-polimeros.htm> Acesso em 14/02/2021.

JIAYI YAN, WEN NIE. **Synthesis and performance measurement of a modified polymer dust suppressant**. Published by Elsevier B.V. and The Society of Powder Technology Japan. The Society of Powder Technology Japan. 2019

JUNIOR T. A. F. **Redução na emissão de material particulado na mineração gerado pela movimentação de caminhões na Mina de Capão Xavier, Nova Lima**. Minas Gerais. 2016

KIM, J.; TIEN, J. C. **Enhanced dust suppression using surfactants**. In: R. Bhaskar, Ed. **Proceedings of the 6th US Mine Ventilation Symposium, Society for Mining, Metallurgy and Exploration**, p. 523. 1993.

LEAL FILHO, L. DE S., ISHI, H. A., DE AZEVEDO, R. C. **Subsídios técnicos para redução de poeira no transporte de minério de ferro pela EFVM**. Universidade de São Paulo, 2011.

LODEWIJKS, G.; VIANEN, T. A.; OTTJES, J. A. **Stockyard layout design**. Delft University of Technology, Faculty 3ME, Transport Engineering & Logistics, 2013.

MARQUES, R.; SANTOS, E.S. **Redes de monitoramento de material particulado inalívavel, legislação e os riscos à saúde**. São Paulo, 2012.

MEDEIROS, M. A.; LEITE, C. M. M.; LAGO, R. M. **Use of glycerol by-product of biodiesel to produce an efficient dust suppressant**. Chem. Eng. J., 180, 364-369, 2012.03.

MONSIOSO, NATÁLIA A. P. **Quimiometria Associada a Espectroscopia no Infravermelho na Previsão da Eficiência de Sequestrantes de H₂S e Supressor de Poeira do Minério de Ferro**. Tese submetida ao programa de pós graduação em químico centro de ciências exatas da universidade federal do Espírito Santo. 2019

KILAU, H. W. **The wettability of coal and its relevance to the control of dust during coal mining**. J. Adhes. Sci. Technol., 7, 649-667, 1993.

NAZARENO G. C. et al. **Estudo de caso - Poeira nas operações de Mina: alta eficiência no controle de particulados a través do uso de supressor natural**. REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA. 2018.

PENEIRO J. LUIZ. **Gestão ambiental nos portos da Vale, resíduos de movimentação de minérios**. 2011.

SANTOS JUNIOR, R. M. **Procedimentos Experimentais para Avaliação da Emissão de Poeira em Manuseio de Minério** / Ronaldo Menezes dos Santos Júnior; orientador André Luiz Amarante Mesquita. –Dissertação (mestrado)-Universidade Federal do PARÁ. Tucuruí-PA, 2018.

SANTOS JUNIOR R. M. **Projeto e construção de um túnel de vento subsônico de circuito aberto**. Trabalho de conclusão de curso-Universidade Federal do Pará. Belém-PA, 2015.

SPRAYING SYSTEMS CO. **Automatic & air atomizing spray nozzles, spray controllers & sprays manifolds**. 2020.

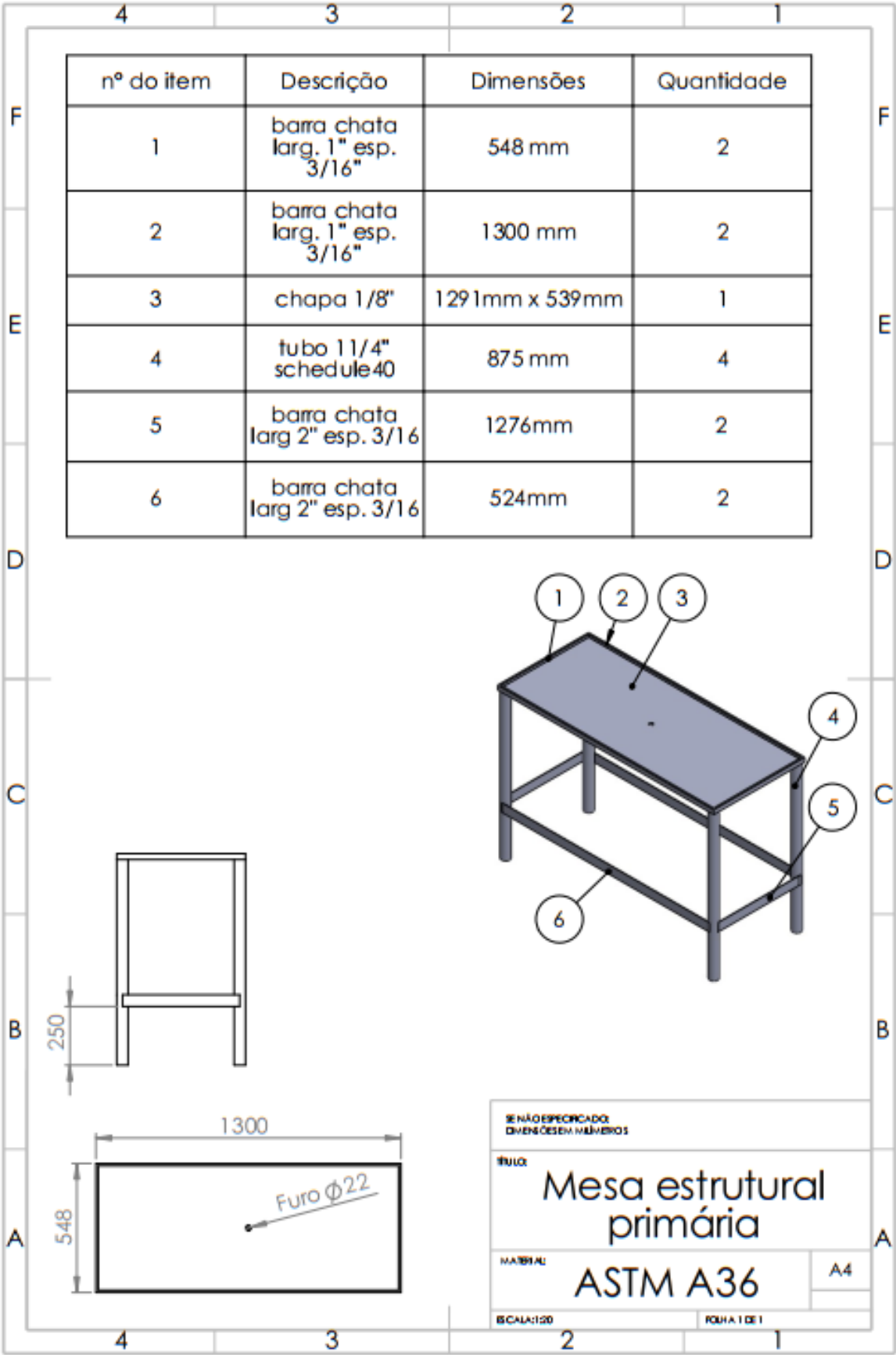
SPRAYING SYSTEMS CO. **Soluções criativas que eliminam o seu problema de poluição**. 2020.

VALEZUELA P. **Dust suppressant treatments**. Quality control, 2012.

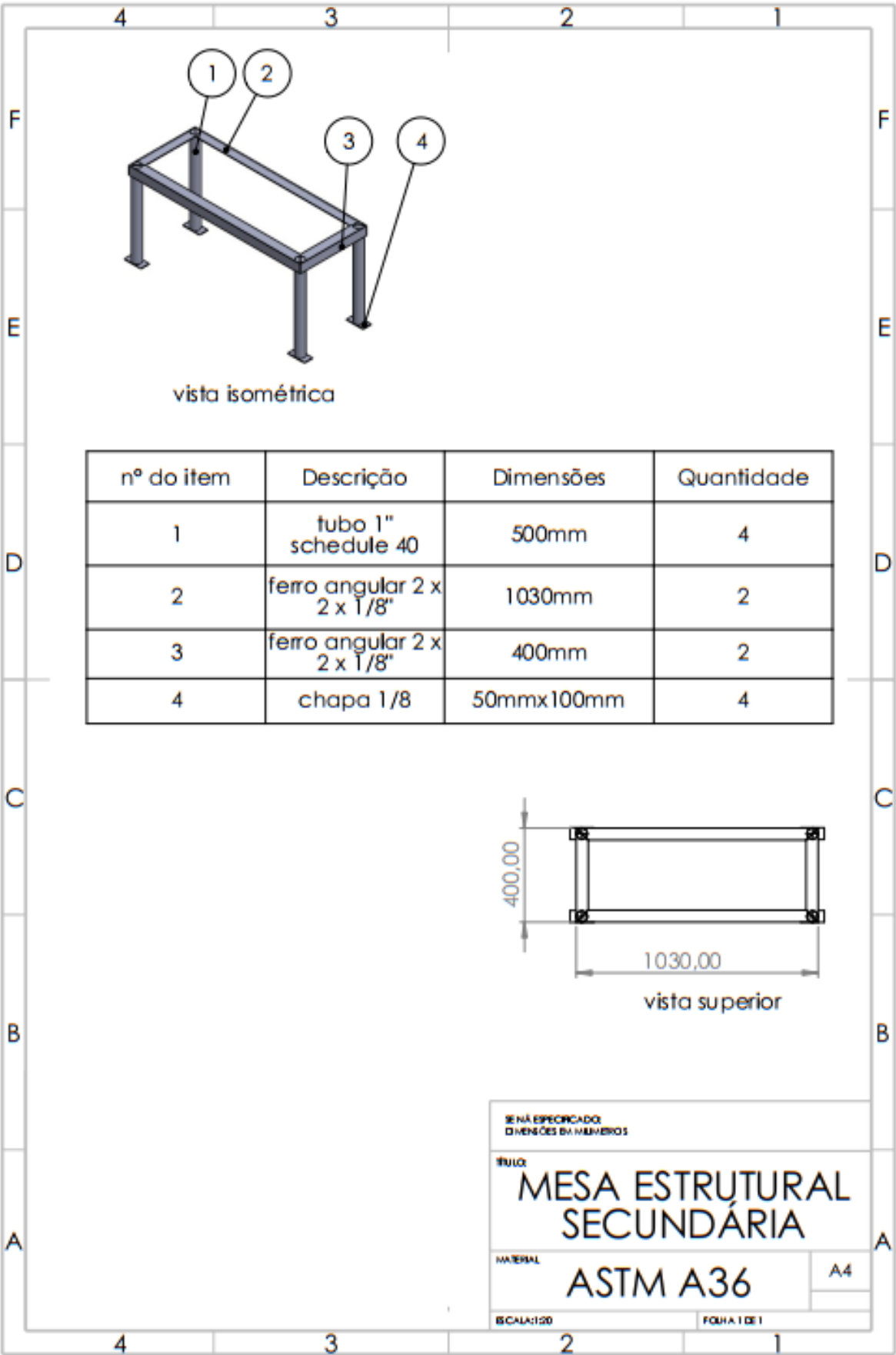
VALE. **Melhorias dos Sistemas de Controle de Emissão de Material Particulado nas operações da Vale no Complexo de Tubarão**. Relatório técnico, anexo 1, 2018.

XI, Z.; FENG, Z.; LI, A. **Synergistic coal dust control using aqueous solutions of thermoplastic powder and anionic surfactant.** Colloids Surf. A Phys. Eng. Aspects, 520, 864-871, 2017.

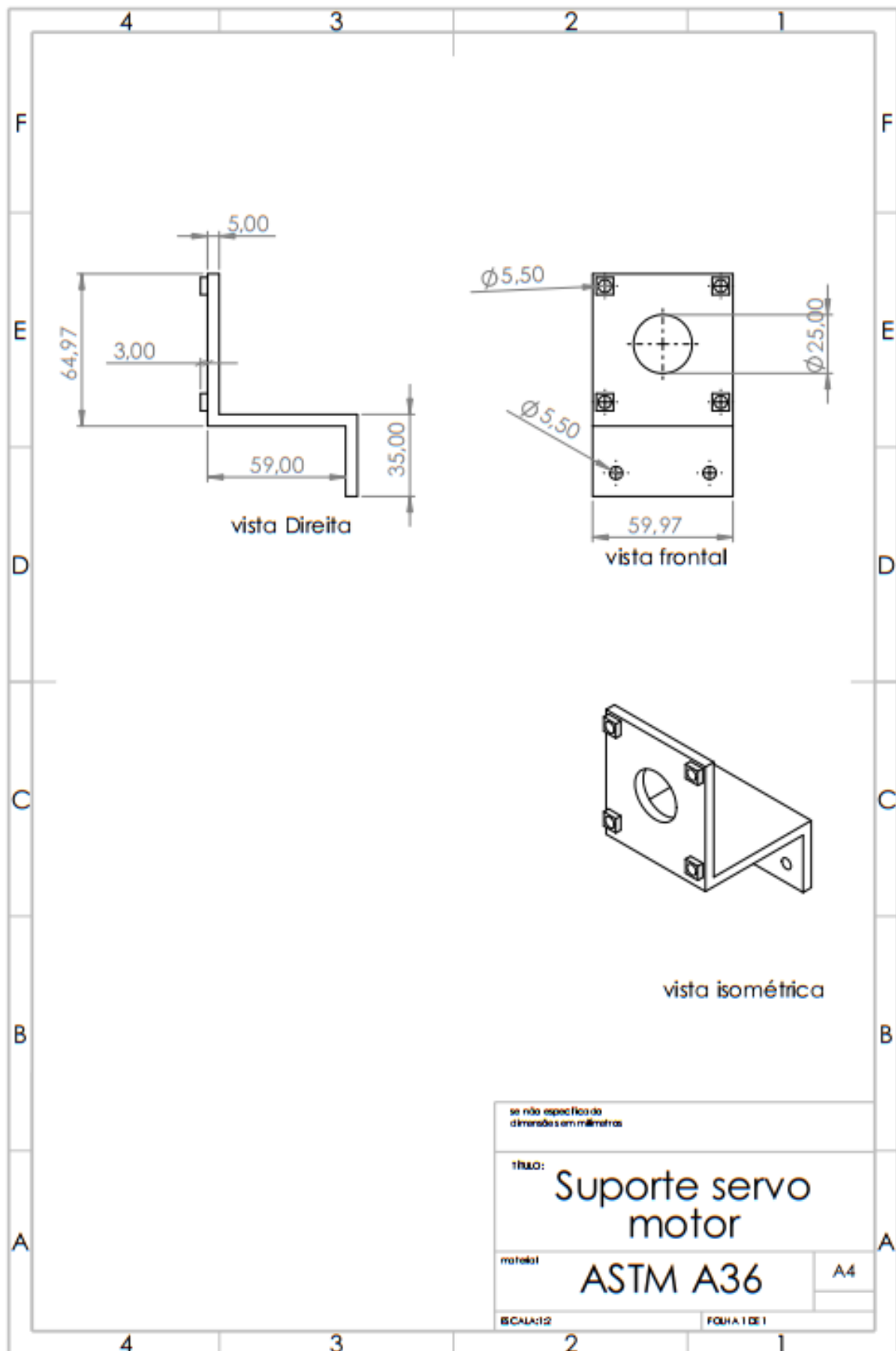
Apendice B- Desenho técnico mesa estrutural primária.



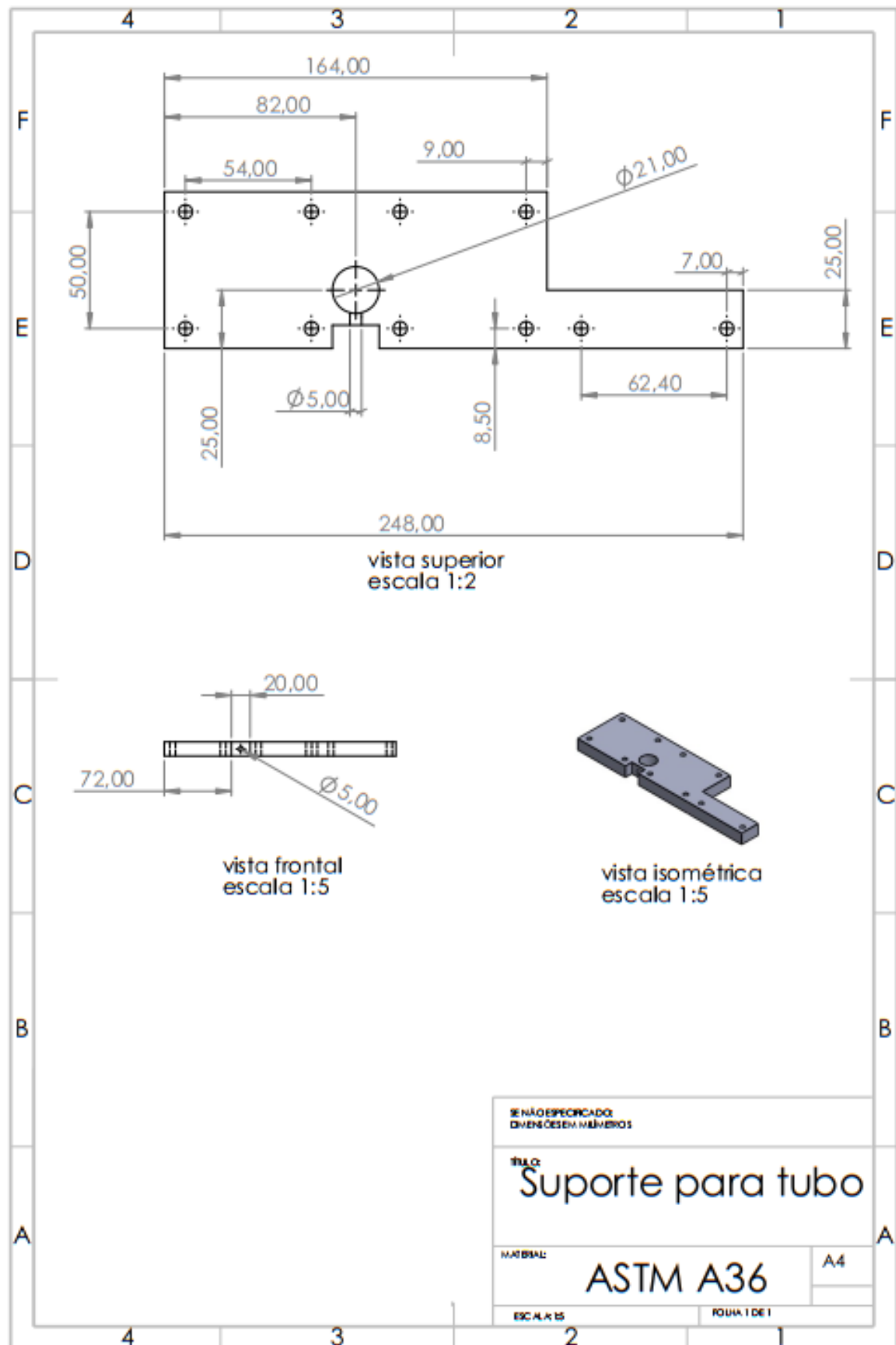
Apendice C- Desenho técnico mesa estrutural secundária.



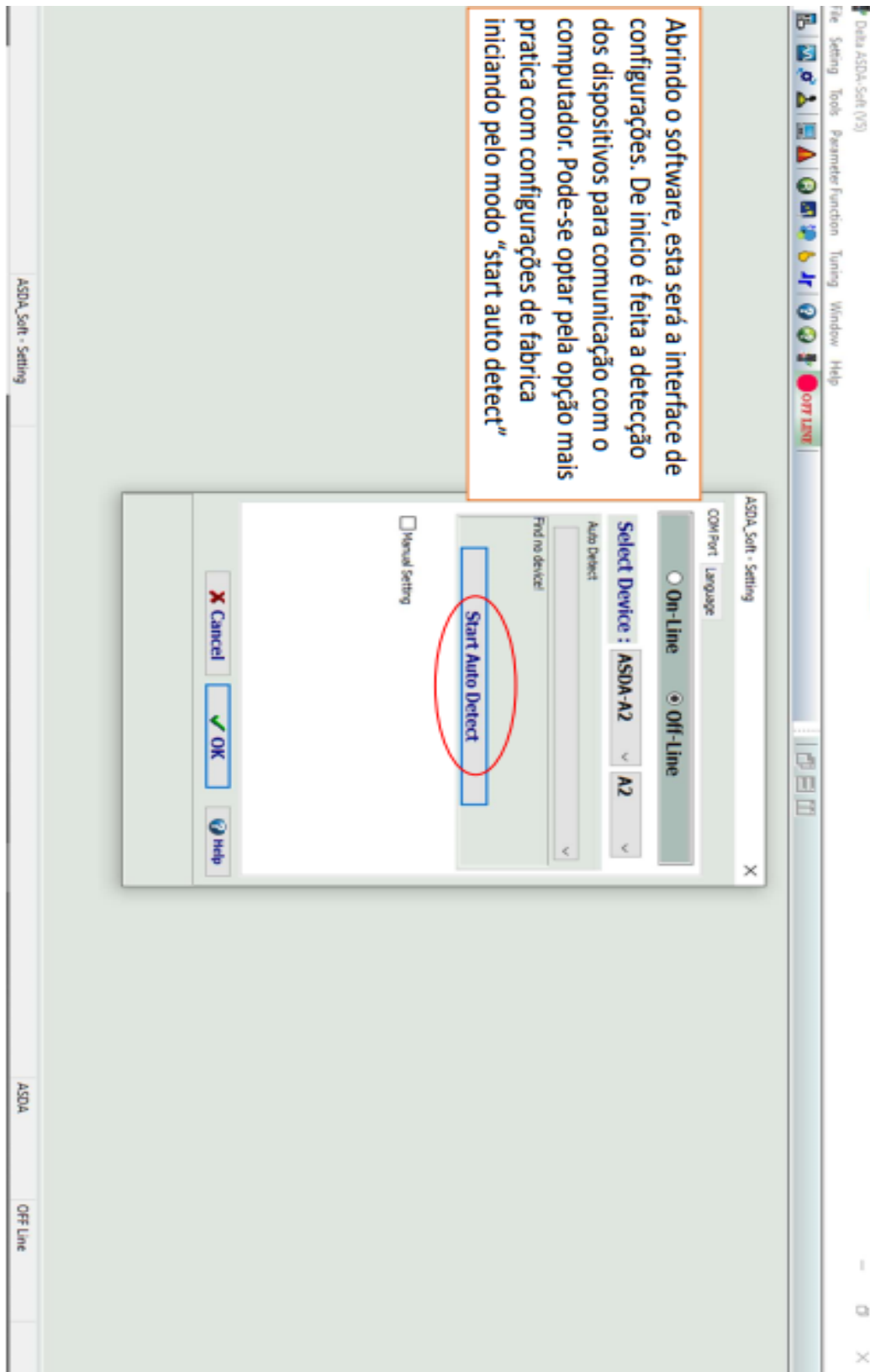
Apendice D- Desenho técnico suporte para servo motor.

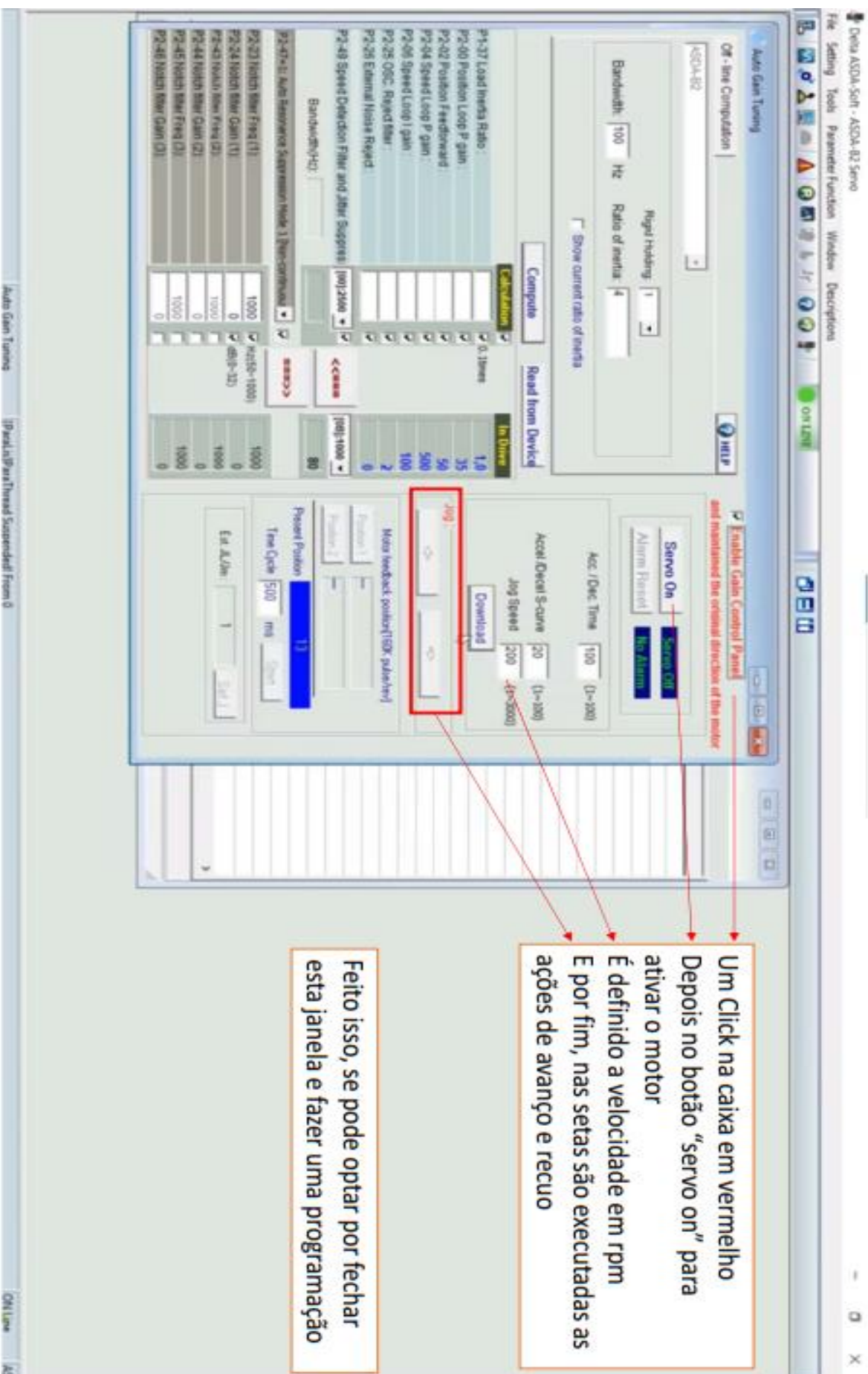


Apendice E- Desenho técnico suporte para tubo.



Anexo A- Passo a passo configuração do software controlador.





File Setting Tools Parameter Function Window Help

Parameter Editor : [ASDA-A2 Servo]

ON LINE

Parameter Setting Helper [Parallel Thread Suspended From 0]

Firmware Version: 1.045.24

Note: Double-click the Value can be call out the Parameter Setting Helper

P	Code	Value	Unit	Min	Max	Default	Description
P1-00	PTT	0x0002		0x0000	0x1142	0x0002	The Type of External Pulse Input
P1-01	CTL	0x0101		0x0000	0x110F	0x0000	Input Setting of Control Mode and Control Command
P1-02	PSL	0x0000		0x0000	0x0011	0x0000	Speed and Torque Limit Setting
P1-03	ACUT	0x0000		0x0000	0x0013	0x0000	Polarity Setting of Encoder Pulse Output
P1-04	MOH1	100	%	0	100	100	MOH1 Analog Monitor Output Proportion
P1-05	MOH2	100	%	0	100	100	MOH2 Analog Monitor Output Proportion
P1-06	SFLT	0	ms	0	1000	0	Analog Speed Command (Low-pass Filter)
P1-07	TLT	0	ms	0	1000	0	Analog Torque Command (Low-pass Filter)
P1-08	FLT	0	10ms	0	1000	0	Smooth Constant of Position Command (Low-pass Filter)
P1-09	SP1	1000	0.1/min	-40000	60000	1000	Internal Speed Command 1 / Internal Speed Limit 1
P1-10	SP2	2000	0.1/min	-40000	60000	2000	Internal Speed Command 2 / Internal Speed Limit 2
P1-11	SP3	3000	0.1/min	-60000	60000	3000	Internal Speed Command 3 / Internal Speed Limit 3
P1-12	TQ1	100	%	-300	300	100	Internal Torque Command 1 / Internal Torque Limit 1
P1-13	TQ2	100	%	-300	300	100	Internal Torque Command 2 / Internal Torque Limit 2
P1-14	TQ3	100	%	-300	300	100	Internal Torque Command 3 / Internal Torque Limit 3
P1-15		0x0000		0x0000	0x1142	0x0000	CAPTURE SYNC AXIS - Threshold of Correction
P1-16		0		-32768	32767	0	CAPTURE SYNC AXIS - Offset Compensation
P1-17		0.000	ms	-20.000	20.000	0.000	Tracking Error Compensation - Additional Time Setting
P1-18		0.000	ms	-20.000	20.000	0.000	Electronic Cam (E-Cam) Pulse Phase Compensation - Time Setting
P1-19		0x0000		0x0000	0x0011	0x0000	CAPTURE / COMPARE - Additional Function Settings
P1-20		0		0	100000000	0	CAPTURE - Measuring Range Setting
P1-21		0	Kpps	0	30000	0	Electronic Cam (E-Cam) Pulse Phase Compensation - Max. Frequency
P1-22		0x0000		0x101F	0x0000	0x0000	PC Special Filter Settings
P1-23		0		-100000000	100000000	0	Compare data offset (Value of P1-23 are remain unchanged)
P1-24		0		-32768	32767	0	COMPARE - Compare data offset(Automatically set P1-24 to 0)
P1-25	VSP1	1000		10	1000	1000	Low-Frequency Vibration Suppression (1)

Read-Only Set When Servo Off Valid After Re-power on Visible Parameter Parameter for three axes

Após conexão com o computador será mostrado o status "ONLINE", significa que os equipamentos estão se comunicando com o software. Então clicamos no botão "PARAMETRO" destacado com o círculo vermelho na barra de tarefas. Será aberta a aba "parameter editor1" e mostrará todas as predefinições de configuração de fábrica" Podemos ver a descrição das configurações na ultima coluna "description" e clicando nas caixas da coluna "value" podemos setar uma nova configuração. Antes de qualquer modificação se deve salvar as configurações de fábrica para que seja possível redefinir posteriormente

Delta ASDA-SoftV51 - ASDA-A2 Servo

File Setting Tools Parameter Function Window Help

Parameter Setting Helper

Parameter Name Unit Minimum ~ Maximum Default 16/32 Bit

P1 - 01 0x0000 ~ 0x110F 0x0000 16Bit

Valid After Re-power On

Input Setting of Control Mode and Control Command

Value 0x0101

Control Mode Setting: [0x01] Pre-position control mode

Z: Torque output direction control

Forward 0 1

Reverse

U: D/O Setting Control

[0] When switching mode, value of D/O (P2-10 ~ P2-23) will remain the same.

[1] When switching mode, value of D/O (P2-10 ~ P2-23) can be reset to the default one for each mode.

Cancel OK Write to Servo

Read Only Set When Servo Off Valid After Re-power on Write Parameter

Firmware Version: 1.045.24

Parameter Setting Helper [Pentix] Thread Suspended From 0

ASDA-A2 Servo ASDA-A2 Servo

Note: Double-click the Value can be call out the Parameter Setting Helper

Nesta caixa o modo de controle. Optamos por controle de posição.

Nesta outra caixa selecionamos o sentido do avanço e recuo

Delta ASDA-A2 Servo

File Setting Tools Parameter Function Window Help

Parameter Editor : [ASDA-A2 Servo]

ON LINE

Code	Value	Unit	Min	Max	Default	Description
P0-00	0x0002		0x0000	0x1142	0x0002	The Type of External Pulse Input
P1-01	0x0101		0x0000	0x1142	0x0000	Input Setting of Control Mode and Control Command
P1-02	0x0000		0x0000	0x0011	0x0000	Speed and Torque Limit Setting
P1-03	0x0000		0x0000	0x0013	0x0000	Polarity Setting of Encoder Pulse Output
P1-04	100	%	0	100	100	MCH1 Analog Monitor Output Proportion
P1-05	100	%	0	100	100	MCH2 Analog Monitor Output Proportion
P1-06	0	ms	0	1000	0	Analog Speed Command (Low-pass Filter)
P1-07	0	ms	0	1000	0	Analog Torque Command (Low-pass Filter)
P1-08	0	10ms	0	1000	0	Smooth Constant of Position Command (Low-pass Filter)
P1-09	1000	0.1 r/min	40000	60000	1000	Internal Speed Command 1 / Internal Speed Limit 1
P1-10	2000	0.1 r/min	40000	60000	2000	Internal Speed Command 2 / Internal Speed Limit 2
P1-11	2000	0.1 r/min	40000	60000	2000	Internal Speed Command 3 / Internal Speed Limit 3
P1-12	100	%	-300	300	100	Internal Torque Command 1 / Internal Torque Limit 1
P1-13	100	%	-300	300	100	Internal Torque Command 2 / Internal Torque Limit 2
P1-14	100	%	-300	300	100	Internal Torque Command 3 / Internal Torque Limit 3
P1-15	0x0000		0x0000	0x1142	0x0000	CAPTURE SYNC AXIS - Offset Compensation
P1-16	0		-32768	32767	0	CAPTURE SYNC AXIS - Offset Compensation
P1-17	0.000	ms	-20.000	20.000	0.000	Tracking Error Compensation - Additional Time Setting
P1-18	0.000	ms	-20.000	20.000	0.000	Electronic Cam (E-Cam) Pulse Phase Compensation - Time Setting
P1-19	0x0000		0x0000	0x0000	0x0000	CAPTURE / COMPARE - Additional Function Settings
P1-20	0		0	100000000	0	CAPTURE - Masking Range Setting
P1-21	0	Hz	0	30000	0	Electronic Cam (E-Cam) Pulse Phase Compensation - Min. Frequency
P1-22	0x0000		0x107F	0x0000	0x0000	PR Special Filter Settings
P1-23	0		-100000000	100000000	0	Compare data offset (Value of P1-23 are remain unchanged)
P1-24	0		-32768	32767	0	COMPARE - Compare data offset (Automatically set P1-24 to 0)
P1-25	1000		10	1000	1000	Low-frequency vibration Suppression (1)

Read-Only

Set When Servo Off

Valid After Re-power on

Valid After Re-power on

Note: Double-click the Value can call out the Parameter Setting Helper

Parameter Setting Wizard

Parameter Setting Helper

[Parallel] Parallel Thread Suspended From 0

ASDA-A2 Servo

ASDA-A2 Servo

Após darmos entrada em um nova configuração, visualizamos o status. Percebe-se que foi sinalizado com uma circunferência vermelha. Abaixo na legenda veremos que pela descrição o significado de cada marcação. Para este caso percebe-se "valid after re-power on", logo teremos de reiniciar o driver para captação da nova configuração.

Em seguida, é feita a configuração das entradas digitais a partir do assistente de configuração "parameter initial wizard"

Delta ASDA-SoftV5 - ASDA-A2 Servo

File Setting Tools Parameter Function Window Help

Parameter Initial Wizard

Control Mode Selection(P1-01)

[Box0] P1 Position control mode

If control mode is changed, please reboot the servo drive to take effect!

Common Setup

Position Mode Setup

Internal Speed/Torque

[Box0] P1 Mode

[Box1] P1 Mode

[Box2] S Mode

[Box3] T Mode

[Box4] Sx Mode

[Box5] Tx Mode

[Box6] P1/S Mode

[Box7] P1/T Mode

[Box8] P1/S Mode

[Box9] P1/T Mode

[BoxA] S/T Mode

[BoxB] C-Auxopen Mode(Trail)

[BoxC] P1/P1 Mode

[BoxD] P1/P1 Mode

[BoxE] P1/P1/T Mode

Digital Input(DI) Setup(P2-10~P2-17)

DI1 [Box1] Servo On

DI2 [Box8] Command triggered

DI3 [Box1] Internal position command selection

DI4 [Box1] Internal position command selection

DI5 [Box1] Internal position command selection

DI6 [Box4] Motor stop

DI7 [Box2] Reverse inhibit limit

DI8 [Box2] Emergency stop

External Digital Input(DI) Setup(P3-16~P3-41)

DI9 [Box0] Disabled

DI10 [Box0] Disabled

DI11 [Box0] Disabled

Write to Servo Drive?

Yes No

Em "control mode" é selecionado "position control mode".

Em seguida, é selecionado a caixa "contact a" para todas as DI's e feita as seguintes entradas:

DI2: comand triggered;

DI3: position comand selection bit0;

DI4: position comand selection bit1;

DI5: position comand selection bit2;

DI6: motor stop;

DI7: reverse inhibit limit;

DI8: emergency stop;

Click em "write into" servo

ASDA-A2 Servo ASDA-A2 Servo

Delta ASDA-A2 Servo

File Setting Tools Parameter Function Window Help

ASDA-A2 Servo Ver:1045 Sub:24

PR Mode Editor

Speed Time Setting

Accel / Decel Time

Delay Time

Internal Target Speed

General Parameter Setting

Electronic Gear Ratio

P1-46 Electronic Gear Ratio (Numerator) (N1) 1280 (1 ~ 536670911)

P1-45 Electronic Gear Ratio (Denominator) (D1) 1 (1 ~ 2147483647)

Software Limit

P3-08 Forward Software Limit 2147483647 Enable (-2147483648 ~ 2147483647)

P3-09 Reverse Software Limit -2147483648 Enable (-2147483648 ~ 2147483647)

P5-03 Decel time of protection

P1(CM1) AC15 : 30 (P5-35)

N(CM1) AC15 : 30 (P5-35)

SPL AC14 : 50 (P5-34)

SRL AC14 : 50 (P5-34)

OFF AC15 : 30 (P5-35)

STP AC14 : 50 (P5-34)

P5-98,P5-99 External Event ON/OFF Setting

EV1 Event : ON Do nothing

EV2 Event : ON Do nothing

EV3 Event : ON Do nothing

EV4 Event : ON Do nothing

EV1 Event : OFF Do nothing

EV2 Event : OFF Do nothing

Delta ASDA-A2 Servo

Write to Servo OK!

OK

Run PR Path 0

Show current PR Path

Selecting Coordinates Wizard

PR Mode Editor [PrMod] PrvTstT Susended! From 0

ASDA-A2 Servo ASDA-A2 Servo

“Click em PR mode editor”
Na aba “electronic gear ratio” podemos visualizar a configuração de relação do numero de pulsos, faz-se a configuração 1280/1.

Delta ASDA-A2 Servo - [PR Mode Editor]

File Setting Tools Parameter Function Window Help

ON LINE

Speed Limit Setting

Accel / Decel Time

Delay Time

Internal Target Speed

General Parameter Setting

Electronic Gear Ratio

Software Limit

Decel time of protection

Event ON/OFF Setting

Homing Setting

Emergency Mode

Homing Speed Setting

Homing Definition *

PR Mode Setting

[PR#01] T10

[PR#02] T10

[PR#03] T10

[PR#04] T10

[PR#05] T10

[PR#06] T10

[PR#07] T10

[PR#08] T10

[PR#09] T10

[PR#10] T10

[PR#11] T10

PR Mode Editor [PrkMod] Para Third Suspended From 0 ASDA-A2 Servo ASDA-A2 Servo

PS-0 Homing Mode

X >> Homing Method: X1: Homing in reverse direction and regard RL as homing origin

Y >> Signal Setting: Y10 Return to Z pulse

Z >> Limit Setting: -

Homing Speed Setting

PS-05 : 1st Speed Setting of High Speed Homing 100.0 (0.1 ~ 2000.0)

PS-06 : 2nd Speed Setting of Low Speed Homing 20.0 (0.1 ~ 500.0)

PS-00, PS-01: Homing Definition

PATH : Path Selection 0: STOP

ACC : Acceleration Time ACC0 : 200 (PS-20)

DEC1 : 1st Deceleration Time ACC0 : 200 (PS-20)

DEC2 : 2nd Deceleration Time Use the same deceleration time as STP command, STP command in "General Parameter Setting".

DLV : Delay Time DLV00 : 0 (PS-40)

BOOT : Activation mode, when power on:

☒ 0 : Double homing function

☐ 1 : Enable homing function

PS-01 : Homing Definition Value 0 (2147483648 ~ 2147483647)

Download

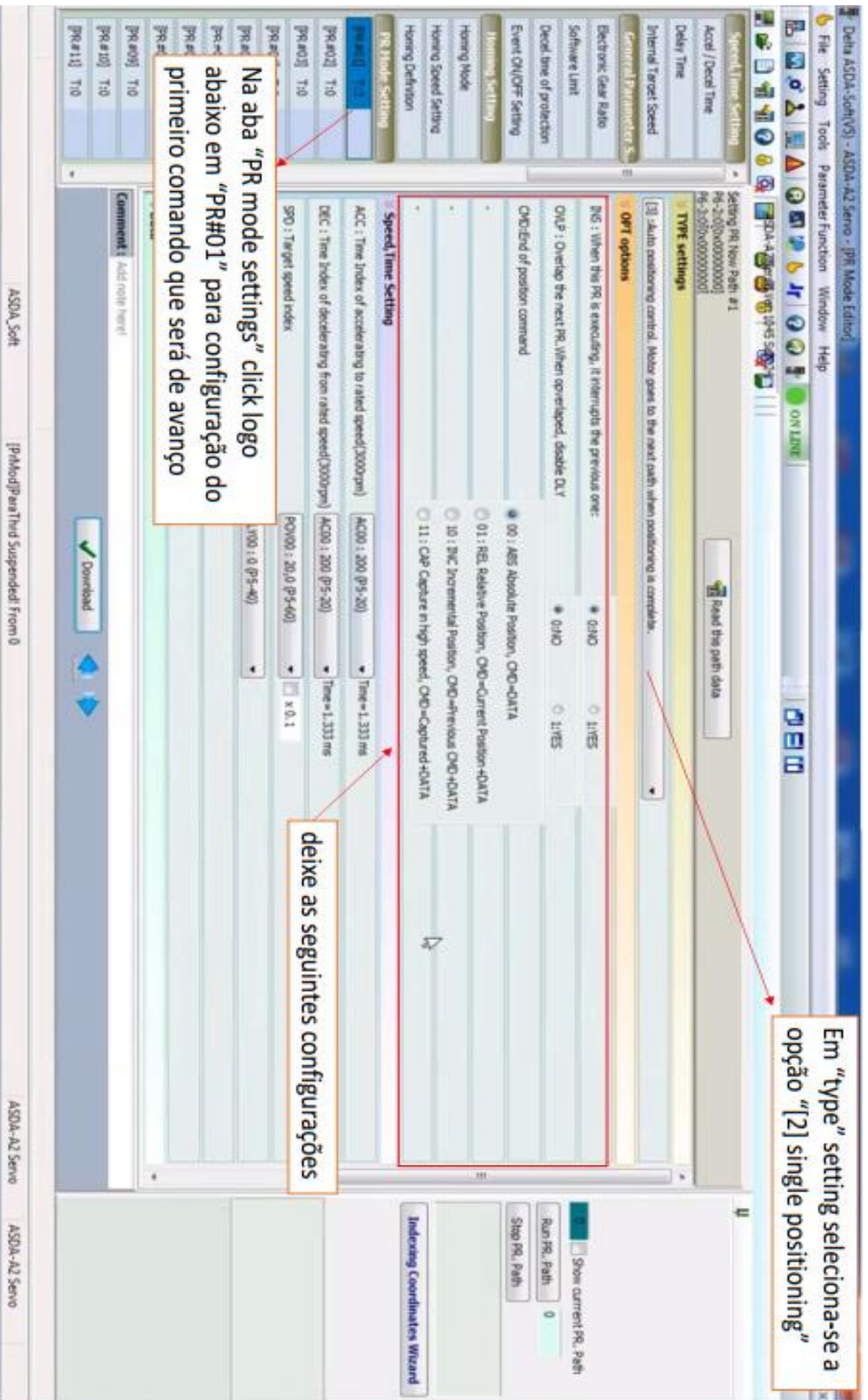
Indexing Coordinates Wizard

Show current RL Path

Run RL Path 0

Stop RL Path

Na aba "homing setting/homing mode" é feita a seguinte configuração

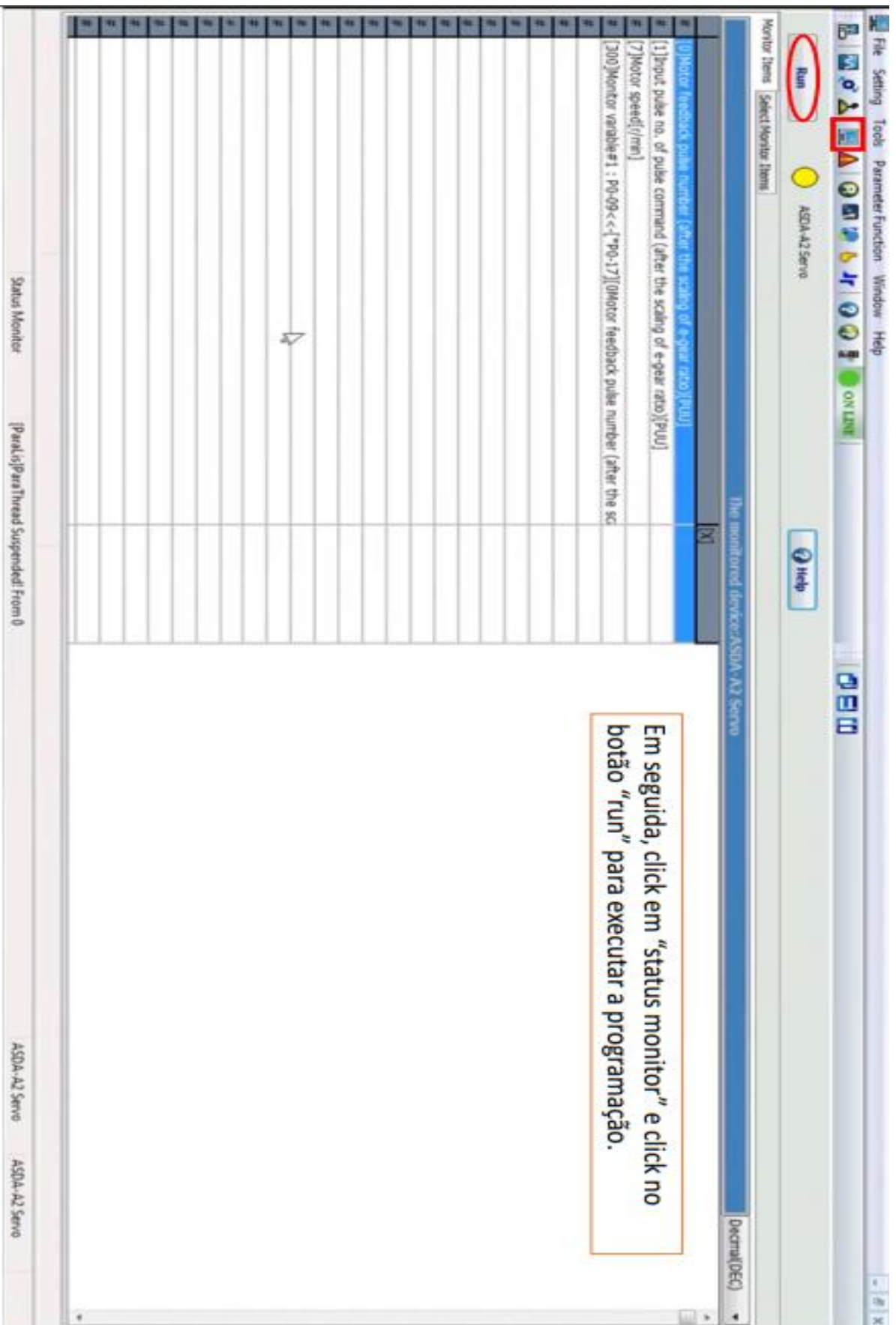


Logo abaixo faremos as seguintes configurações:

É inserida a velocidade em rpm de acordo com a calibração de deposição desejada

ao fim do trajeto é inserido um delay de 60 segundos para que o operador possa desligar o sistema de bombeamento para que depois o sistema volte a posição inicial

É estabelecido o posicionamento em numero de giros, sendo 0 o ponto Z (ponto inicial). Configura-se 475 pontos visto que o fuso possui comprimento de 1000mm e passo de 2mm, o que resultará numa distancia percorrida de 950 mm. Está pronto o comando 1



File Setting Tools Parameter Function Window Help

Run ASDA-A2 Servo Help

Monitor Items Select Monitor Items

The monitored device: ASDA-A2 Servo

No.	Item	Unit	Value
1	Motor feedback pulse number (after the scaling of e-gear ratio)[PUU]		
2	Input pulse no. of pulse command (after the scaling of e-gear ratio)[PUU]		
3	Motor speed(r/min)		
4	Motor variable #1: P0-09 < 4["P0-17"] (Motor feedback pulse number (after the scaling of e-gear ratio)[PUU])		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

Status Monitor: ParallelPortThread Suspended! From 0

ASDA-A2 Servo ASDA-A2 Servo

Decimal(DEC)

Em seguida, click em “status monitor” e click no botão “run” para executar a programação.