

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA

DANILO SILVA TAKAHASHI

ABATIMENTO DE PÓ EM PEDREIRAS POR PULVERIZAÇÃO À
ÁGUA: DIMENSIONAMENTO DA REDE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUARAPUAVA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

ABATIMENTO DE PÓ EM PEDREIRAS POR PULVERIZAÇÃO À
ÁGUA: DIMENSIONAMENTO DA REDE

DANILO SILVA TAKAHASHI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em Guarapuava, Paraná na data 03 de março de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Denise Alves Ramalho
Prof. Orientador

Sérgio Dálmas
Membro Da Banca

Aldo Przybysz
Membro Da Banca

Aldo Przybysz
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Danilo Silva Takahashi

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

DANILO SILVA TAKAHASHI

**ABATIMENTO DE PÓ EM PEDREIRAS POR PULVERIZAÇÃO À
ÁGUA: DIMENSIONAMENTO DA REDE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel, em
Engenharia mecânica, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Alves
Ramalho

GUARAPUAVA

2019

Dedico este trabalho à minha família,
pelos momentos de ausência e por todo o
apoio e confiança que eles sempre me
deram. Dedico também a um grande
amigo que virou um anjo, Heitor M. Ortolani
eterno em nossos corações.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai e minha mãe que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas;

À minha esposa, pelo amor, amizade, companheirismo, paciência e atenção em todos os momentos;

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço a minha orientadora Prof.^a Dr.^a Denise Alves Ramalho, pela sabedoria e paciência com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

À Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá. (Senna, Ayrton, 1990)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Filtro de manga	1
Figura 2: Exemplo de pulverização de água em mineradoras.....	2
Figura 3: Exemplo de um britador de mandíbula.....	5
Figura 4: Exemplo de um impactor HSI.....	6
Figura 5: Exemplo de uma peneira classificatória.....	7
Figura 6: Corte esquemático de uma bomba centrífuga	9
Figura 7: Diagrama de forças de uma bomba centrífuga	10
Figura 8: Exemplo de um cabeçal de controle	11
Figura 9: Filtros de tela de diferentes tamanhos (abertura/pol).....	11
Figura 10: Exemplo de um bico aspersor aplicado.....	13
Figura 11: Tipos de bicos pulverizadores.....	14
Figura 12: Layout da planta-Setor a ser estudado	24
Figura 13: Rebritador cônico e britador	25
Figura 14: Esteira transportadora para a pilha do britador.....	26
Figura 15: Planta desligada.....	27
Figura 16: Planta ligada.....	27
Figura 17: Filtro para caixa d'água.....	28
Figura 18: Moto bomba TH-16 3CV	29
Figura 19: Reservatório IBC 1000L.....	29
Figura 20: Bico tipo cone cheio.....	30
Figura 21: Características de trabalho do bico escolhido.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de rugosidade absoluta.	18
Tabela 2: Valores da constante da equação de Bernarnd (1995)	20
Tabela 3: Margem de segurança.....	23
Tabela 4: Dados para dimensionamento.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 OBJETIVO	3
2 REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 CONTRIBUIÇÃO DAS PEDREIRAS EM REGIÕES METROPOLITANAS.	4
2.2 CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO DE ÁGUA.	8
2.2.1 O conjunto motobomba.....	8
2.2.2 Cabeçal de controle	10
2.2.3 Rede de distribuição	12
2.2.4 Emissores	12
2.2.5 Reservatório.....	14
3 METODOLOGIA	15
3.1 METODOLOGIA DE CÁLCULO	15
3.1.1 Hidráulica da tubulação	16
3.1.2 Bombeamento – bombas hidráulicas.....	20
3.1.3 Cálculo da potência do motor	22
3.1.4 Seleção de motores	23
3.2 DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS	24
4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	28
4.1 ESTRUTURA DO SISTEMA	28
4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	31
5 CONCLUSÃO	33
6 REFERÊNCIAS	34
ANEXO A - Layout da planta de britagem	36
ANEXO B - Dados para dimensionamento	37

RESUMO

TAKAHASHI, Danilo S. *Abatimento de pó em pedreiras por pulverização à água: Dimensionamento da rede*. 2020. 49f. Tese de graduação em bacharelado em Engenharia mecânica – Universidade tecnológica federal do Paraná. Guarapuava, 2020.

Em muitos empreendimentos de mineração os diretores e até mesmo os proprietários acabam deixando a questão da poluição por material particulado para segundo plano, pois é muito mais importante a curto prazo, produzir sem investir. Porém ao longo do tempo e já com a empresa solidificada no mercado, começam a pensar nas possibilidades e alternativas de resolver o problema. Neste projeto foram realizadas algumas inspeções visuais e fotográficas dos pontos críticos que contribuem para a produção dos materiais particulados (MP's). Layouts foram desenhados, estudos desenvolvidos e inúmeras pesquisas foram feitas, para que pudéssemos aplicar na realidade o que se vê na teoria. A sugestão dada para solucionar o problema, foi a implantação de um sistema de aspersão de água por meio de uma linha d'água, composta por um conjunto de itens descritos ao longo do trabalho. Espera-se obter um resultado satisfatório por meio da implantação do sistema em apenas um setor. Assim que o TCC for finalizado, pretendemos aplicar em vários setores, de modo a atingir toda a planta.

Palavras-chave: Material particulado. Aspersão de água. Mineração

ABSTRACT

TAKAHASHI, Danilo S. *Dust reduction in quarries by water spraying: line sizing*. 2020. 49p. Graduation thesis in Bachelor of Mechanical Engineering - Federal Technological University of Paraná. Guarapuava, 2020.

In many mining ventures, managers and even the owners end up leaving the issue of particulate matter pollution in the background because it is much more important in the short term to produce without investing. But over time and with the company solidified in the market, they begin to think about the possibilities and alternatives to solve the problem. In this project some visual and photographic inspections of the critical points that contribute to the production of (PM's) particulate materials were carried out. Layouts were designed, studies developed and countless researches were done, so that we could actually apply what we see in theory. The suggestion given to solve the problem was the implementation of a water sprinkler system through a water line, composed of a set of items described throughout the work. A satisfactory result is expected to be achieved by deploying the system in only one sector. As soon as the final paper is done, we intend to apply it in various sectors to reach the entire plant.

Keywords: Particulate matter. Water sprinkler. Mining

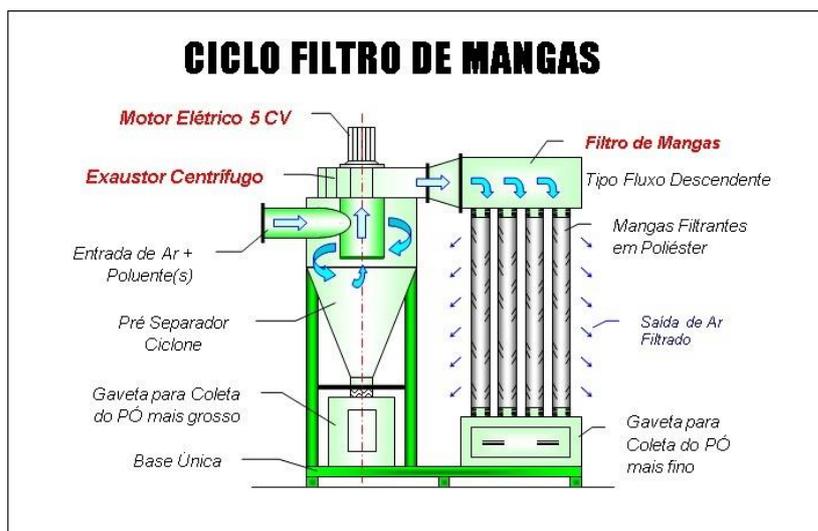
1 INTRODUÇÃO

A mineração é fundamental para o desenvolvimento da humanidade, fornecendo inúmeros bens minerais, matérias primas e insumos, que por sua vez são indispensáveis para o progresso e desenvolvimento humano. Entretanto, a mineração carrega em seu processo alguns problemas característicos, tanto no meio interno à mina como no meio externo. No meio interno os problemas são da parte da segurança, saúde e higiene do trabalho e no meio externo os problemas competem às avaliações de impacto ambiental.

Atualmente a engenharia ambiental engloba esses campos de pesquisa. Principalmente quando o assunto compete a mineração, a poluição atmosférica por material particulado tem se tornado um tema de grande relevância (PEREIRA, 2015). Dito isso, é possível diminuir a quantidade de particulado suspenso no ar durante o processo de britagem. Existem dois métodos conhecidos para diminuir a quantidade de particulado e serão descritos abaixo.

Uma maneira é enclausurar os pontos com maior índice de dispersão de MP (material particulado), juntamente com um filtro de manga como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Filtro de manga
Fonte: <http://www.apoioprojetos.com.br/filtro-de-mangas.html>

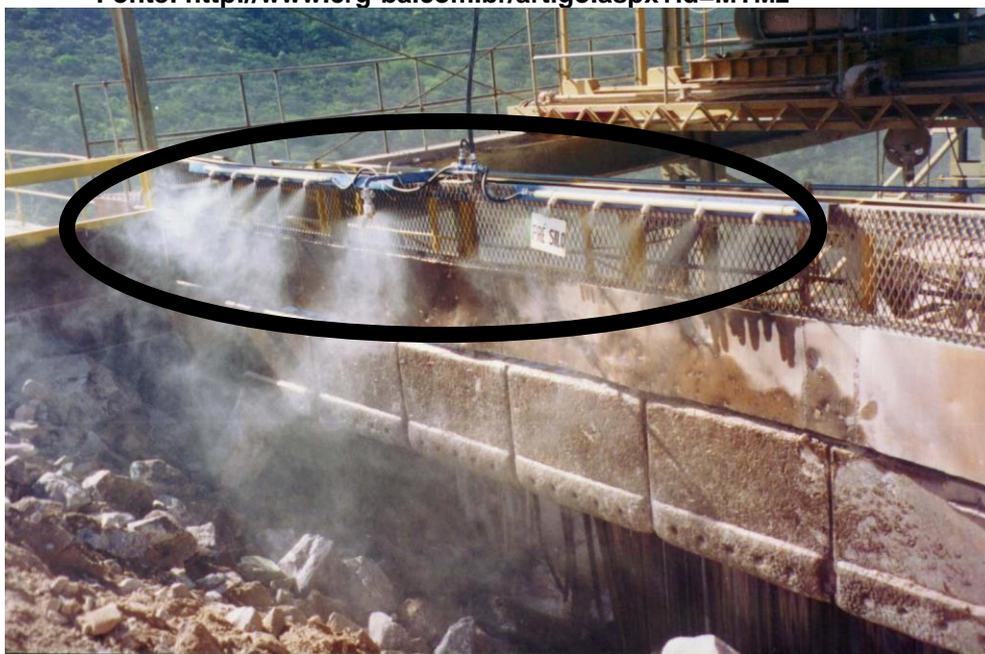


A função do filtro de manga é retirar o material suspenso no ar captado pela tubulação, fazendo a filtragem e depositando-o ao fundo do filtro e posteriormente transportando-o por esteiras até as pilhas de depósitos.

A outra maneira é pulverizar partículas de água nos pontos de maior índice de dispersão de MP como mostra a Figura 2, as partículas de água aderem ao MP aumentando a densidade, logo o MP ficara mais pesado e cairá por gravidade.

Figura 2: Exemplo de pulverização de água em mineradoras.

Fonte: <http://www.crg-ba.com.br/artigo.aspx?id=MTMz>



Ao cair, forma-se pilhas que poderão ser retirados por pás carregadeiras e levados até os depósitos/aterros. Este trabalho, optou pela segunda maneira citada.

1.1 JUSTIFICATIVA

O ar está frequentemente contaminado por poluentes como gases de incineradores, chaminés, caldeiras, sulfatos, nitratos entre outros, particularmente em áreas industriais.

A poluição atmosférica associada às atividades mineradoras está presente em nossas vidas há séculos. Dependendo do tamanho do empreendimento, a planta mineradora onde o processo produtivo ocorre, pode vir a movimentar, ao longo de sua vida útil, quantidades da ordem de milhões de toneladas. As atividades mineiras produzem diferentes tipos de poluentes

atmosféricos, dentre eles os óxidos de carbono, os óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, os hidrocarbonetos e os MP's (ALMEIDA,1999)

São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassados [25 a 50mg/m³], poderão afetar a saúde, a segurança, e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral (CONAMA,1989).

O trabalho propõe uma melhoria das condições de trabalho e operação, aplicando um sistema dimensionado de pulverização de água nos pontos com altos índices de dispersão de MP.

1.2 OBJETIVO

O objetivo do trabalho é analisar a planta industrial e as condições existentes, e dimensionar um sistema hidráulico para distribuir água em condições necessárias e compatíveis para efetuar o abatimento de pó em um setor de uma planta de britagem localizada aos arredores da cidade de Guarapuava-PR.

Pretende-se também com este trabalho aprender e aperfeiçoar conhecimentos na área de hidráulica e seus componentes, para num futuro próximo poder ampliar o benefício em toda extensão da planta. A planta da empresa está em anexo (ANEXO A).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é apresentado uma revisão bibliográfica sobre tópicos competentes aos danos causados por pedreiras em regiões metropolitanas e o dimensionamento de uma rede hidráulica.

2.1 CONTRIBUIÇÃO DAS PEDREIRAS EM REGIÕES METROPOLITANAS.

Apesar do artigo “Poluição do ar causada pela operação de pedreiras no município do Rio de Janeiro” ser relativamente antigo datado em 1979, ele analisa questões interessantes citadas a seguir, que já naquela época estavam em discussão por pesquisadores competentes.

De um modo geral, as principais fontes de emissão de MP numa pedreira estão no desmonte da lavra, carregamento do minério, plantas de processamento, vias de acesso e locais de descarregamento, estocagem e transferência de minério (ALMEIDA, 1999).

Os autores da Divisão de controle de poluição do Ar da FEEMA – Fundação Estadual de engenharia do meio ambiente/RJ, avaliaram a questão da poluição do ar causada pela operação de pedreiras no município do Rio de Janeiro. Uma das maiores fontes de emissão de material particulado no município naquela época eram as pedreiras, estudo aponta que só no ano de 1976 estas pedreiras foram responsáveis por cerca de 40.000 t de particulado, das quais 20.000 t permaneceram em suspensão.

As partículas suspensas no ar podem apresentar diversos diâmetros aerodinâmicos variando de (0 a 100 μm), sendo que as partículas com diâmetro menor que 10 μm são as que apresentam maior dano à saúde (partículas inaláveis). Os efeitos da poluição têm revelado algumas alterações no sistema respiratório, podendo ser temporários ou permanentes (BRAILE, 1979).

Seguindo esse contexto, é de suma importância um estudo pormenorizado das operações existentes numa pedreira tendo em vista a

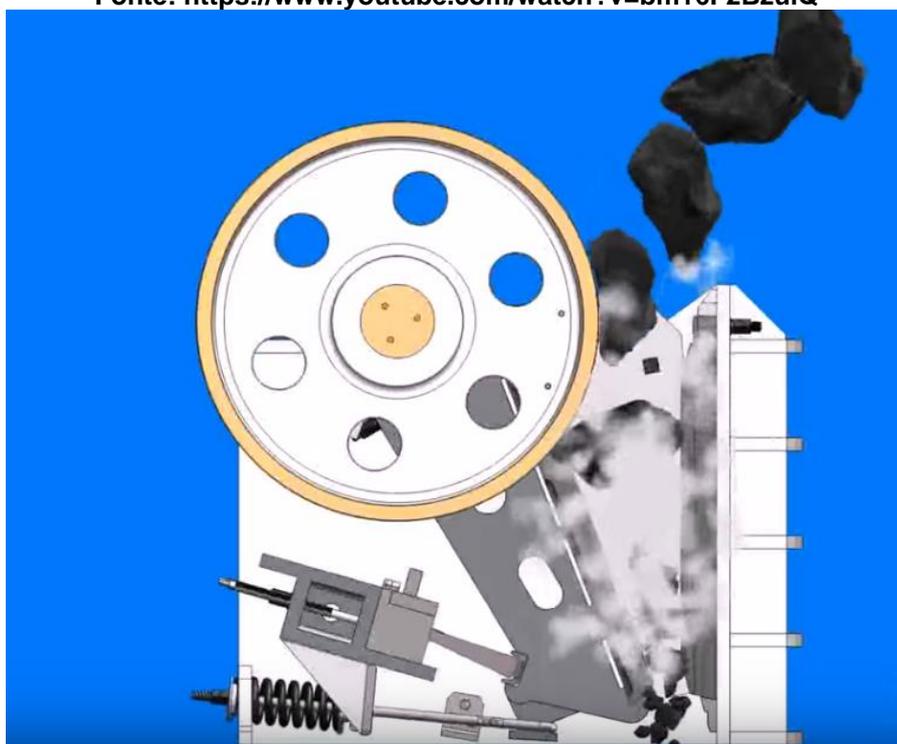
identificação das fontes poluidoras e a adoção de sistemas de controle descrito anteriormente.

As atividades básicas de uma pedreira resumem-se a duas grandes operações: o desmonte da rocha e seu beneficiamento.

Normalmente as técnicas de extração ou desmonte de rocha na lavra consistem em perfurações e “dinamitações” da rocha. Quanto ao processamento, observou-se que o beneficiamento do material extraído ocorria no próprio local e ao ar livre, com equipamentos básicos de britagem, moagem, peneiramento e transporte.

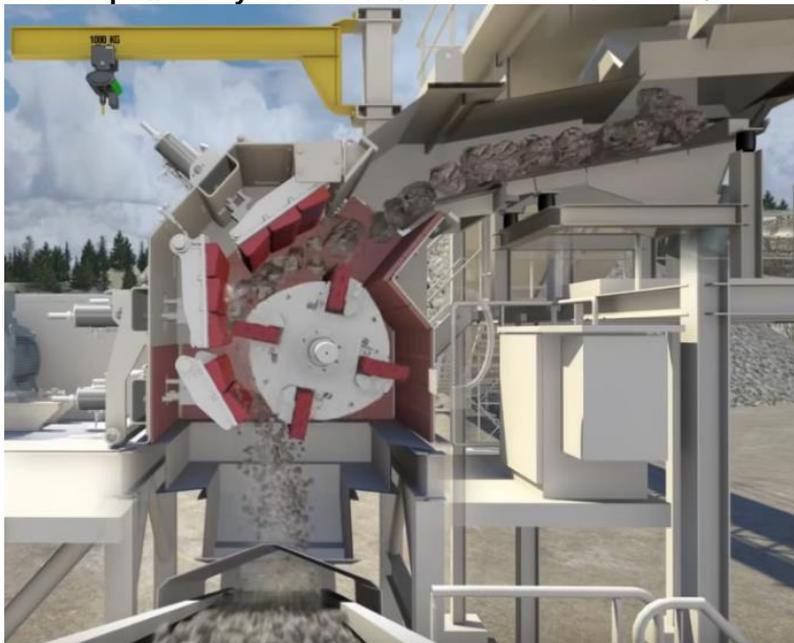
A imagem a seguir corresponde à um britador de mandíbula, muito utilizado no início do processo de britagem.

Figura 3: Exemplo de um britador de mandíbula.
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=bm16F2BzulQ>



O material extraído do desmonte da rocha bruta é transportado para o equipamento ilustrado acima e é esmagado até se quebrarem em rochas menores. Logo em seguida o material resultante é transportado para o impactor. Equipamento que utiliza a rotação do rotor para lançar o material contra os escudos de impacto conforme (Figura 4).

Figura 4: Exemplo de um impactor HSI.
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=bm16F2BzulQ>



Em seguida o material resultante é novamente transportado para outro equipamento, que é uma peneira classificatória conforme (Figura 5), capaz de classificá-los por seus tamanhos e redirecionar para pilhas de estoque, ou para novamente serem processados. As peneiras são equipamentos que vibram por meio de acionamento elétrico, e fazem a classificação de acordo com os decks (malhas de diferentes medidas).

Figura 5: Exemplo de uma peneira classificatória.
Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TfHh9_J4vjg



Após o peneiramento o material é destinado a pilhas ou a “rebritagens” até que se atinja o material de dimensão desejada.

De acordo com (CONAMA, 1989), entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

- Impróprio, nocivo ou ofensivo a saúde;
- Inconveniente ao bem-estar público;
- Danoso aos materiais, à fauna e flora;
- Prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade;

Em virtude dos importantes dados citados, novamente afirmaremos a importância de um sistema de abatimento de pó em plantas de britagem, principalmente quando a mesma se encontra próxima a um centro urbano.

Focaremos principalmente nos MP’s nocivos à saúde dos colaboradores da empresa.

2.2 CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO DE ÁGUA.

Segundo os autores (BERNARDO, 1995; DAKER, 1983; FIALHO, 2011), os componentes de um sistema são: conjunto motobomba, cabeçal de controle, rede de distribuição, emissores e reservatório.

2.2.1 O conjunto motobomba

O conjunto motobomba, responsável pela pressurização do sistema e bombeamento de líquidos, geralmente é do tipo centrífugo de eixo horizontal movido à energia elétrica ou combustível fóssil (Gasolina ou Diesel).

Segundo (HOUGHTALEN, R.J, 2012) as bombas de água são dispositivos projetados para converter energia mecânica em energia hidráulica. Em geral, as bombas de água podem ser classificadas em duas categorias básicas:

- Turbo-hidráulicas;
- De deslocamento positivo;

As bombas turbo-hidráulicas movimentam fluidos com uma palheta rotativa ou outro fluido em movimento. Os tipos mais comuns de bombas turbo-hidráulicas são as bombas centrífugas, as bombas propulsoras e as bombas a jato. As bombas de deslocamento positivo movimentam fluidos estritamente através do deslocamento preciso de máquinas, tais como sistemas de engrenagens girando em um invólucro fechado (bombas parafuso) ou pistão movendo-se em um cilindro selado (bombas recíprocas). Para nosso trabalho abordaremos somente a primeira categoria de bombas, englobando a maioria das bombas de água utilizadas nos sistemas hidráulicos modernos.

As bombas centrífugas modernas são construídas com base no mesmo princípio hidráulico, mas com novas configurações, projetadas para melhorar a eficiência. Essas bombas são em geral formadas por duas partes:

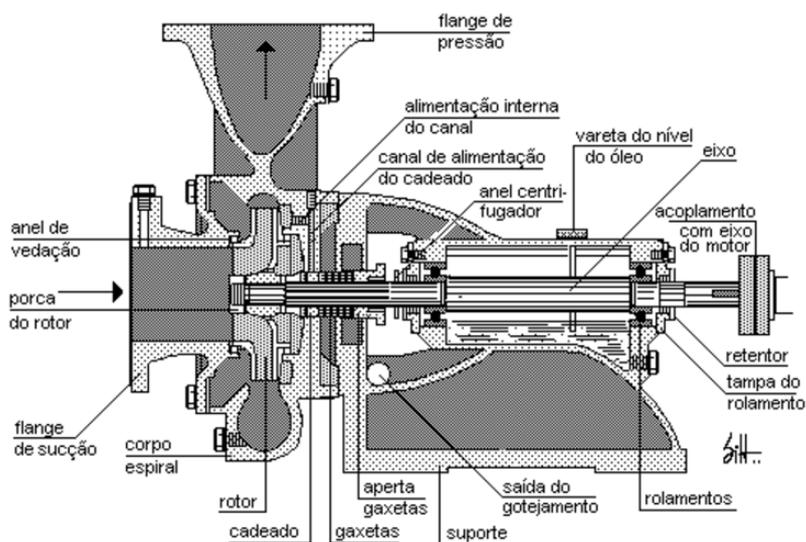
- Elemento rotativo, chamado de impulsor;

- O invólucro, que abriga o elemento rotativo e sela o líquido pressurizado no interior;

A força requerida pela bomba é fornecida por um motor conectado ao eixo do impulsor. O Movimento de rotação do impulsor cria uma força centrífuga que permite que o líquido entre na bomba na região de menor pressão próxima ao centro do impulsor e se movimente ao longo da direção das palhetas rumo à região de mais alta pressão próxima ao exterior do invólucro ao redor do impulsor.

O invólucro é projetado em forma de espiral que se expande gradativamente de modo que o líquido que entra é levado em direção ao tubo de descarga com perda mínima. Em resumo, a energia mecânica da bomba é convertida em energia de pressão no líquido. O esquema de uma bomba centrífuga é demonstrado na (Figura 6).

Figura 6: Corte esquemático de uma bomba centrífuga
 Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Bomb02.html>

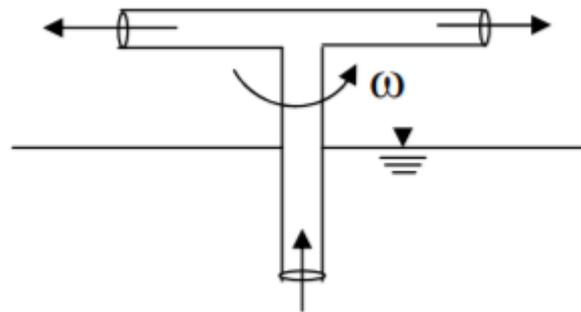


O princípio de funcionamento das bombas centrífugas foi demonstrado por Demour em 1730 em forma de tubos constituídos em um TEE, na qual a rotação do segmento horizontal gera uma força centrífuga capaz de ultrapassar o peso do fluido lançando-o no sentido desejado, conforme mostrado na (Figura 7).

Figura 7: Diagrama de forças de uma bomba centrífuga

Fonte:

http://www.deha.ufc.br/ticiania/Arquivos/Especializacao/Cariri/6_Sistemas%20de%20Abast%20de%20C1gua/Hidr%E1ulica2-Bombas.pdf



A teoria das bombas centrífugas baseia-se no princípio da conservação do momento angular,

$$\text{momentum angular} = (\text{raio}) \cdot (\text{massa}) \cdot (\text{velocidade angular})$$

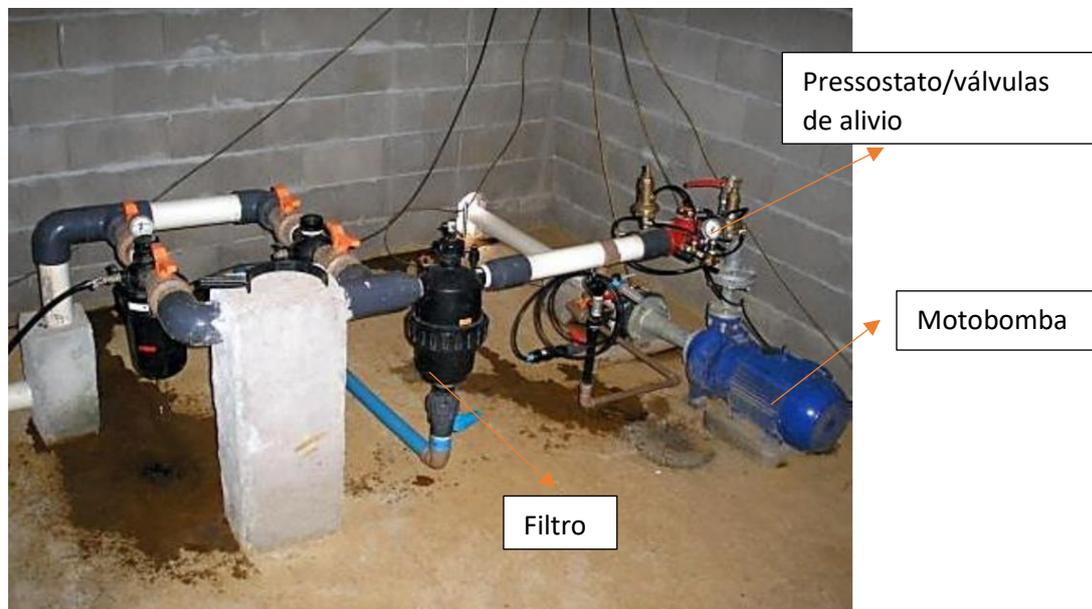
2.2.2 Cabeçal de controle

Cabeçal de controle é constituído de sistema de filtragem de partículas que podem estar contidas no fluido, com limpeza automática ou manual; medidores de vazão que permitem identificar entupimentos; válvulas de controle de pressão e vazão que permitem a automação do sistema; sistema de segurança: composto por válvulas ventosas e válvulas de alívio e ou antecipadoras de golpe de Aríete (pico de pressão causado por uma alteração súbita na velocidade do caudal na tubagem). Um exemplo de cabeçal de controle é mostrado na (figura 8).

Figura 8: Exemplo de um cabeçal de controle

Fonte:

https://www.ggte.unicamp.br/ocw/sites/ocw/files/cursos/CienciasExatas/FA876/apostilas/Localizada__Introducao.pdf



O sistema de filtragem é obrigatório, pois ajuda no controle da qualidade da água, com o objetivo de evitar entupimentos, e conseqüentemente, má uniformidade na distribuição da água ao longo da linha de distribuição. No nosso caso, utilizaremos um filtro de tela conforme (Figura 9).

Figura 9: Filtros de tela de diferentes tamanhos (abertura/pol).

Fonte: https://www.agro.ufg.br/up/68/o/10_aula_localiza.pdf



Os filtros de tela são recipientes fechados, com uma tela interna, por onde a água escoa. Mantendo os parâmetros de trabalho e futuros problemas

de entupimentos e danificação dos componentes de desgaste das bombas e dos bicos pulverizadores.

Os medidores de vazão permitem o controle do volume de água e facilitam a automatização do sistema. Para a nossa aplicação dispensaremos a automatização do sistema, e utilizaremos registros, manômetros e a vazão média dos emissores, por questões de custo.

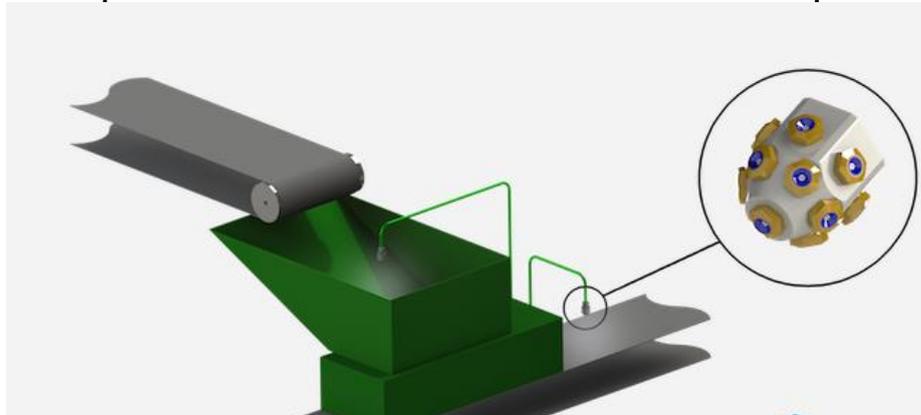
2.2.3 Rede de distribuição

A rede de distribuição é composta de tubulação principal e suas ramificações, responsáveis por conduzir a água da motobomba às tubulações, podendo ser de PVC, polietileno de alta ou média densidade, aço galvanizado ou zincado e fibrocimento entre outros. Para a nossa aplicação iremos utilizar o tubo Ø1" x 6000x 2,65mm em aço galvanizado por se tratar de um regime de trabalho em condições extremas de vibração, variação climática, contaminação de MP's e disponibilidade do material em estoque.

2.2.4 Emissores

Os emissores, que constituem a parte essencial da instalação, derivam água ou vazões pequenas e constantes à pressão atmosférica, podem ser gotejadores, micro aspersores, micro tubos, orifícios de pequena vazão, etc. No nosso projeto, utilizaremos o sistema de micro aspersores pela facilidade de instalação e por atenderem as características necessárias, dispostos no foco de liberação das MP conforme (Figura 10).

Figura 10: Exemplo de um bico aspersor aplicado
Fonte: <https://www.mineratec.com.br/sistemas-de-abatimento-de-po>



Segundo a (SPRAYING SYSTEMS CO, 2017) o bico é o item mais importante de um sistema de pulverização. Conseqüentemente, as características físicas da pulverização são críticas. Fatores como tamanho de gota, distribuição, velocidade, padrão e ângulo de pulverização, vazão e pressão de água dependem do modelo do bico selecionado. Para cada aplicação devemos verificar o tamanho do MP, ponto de ataque, distancia da fonte emissora e acesso.

Bicos atomizados produzem os menores tamanhos de gota, seguidos pela atomização fina, jato cone oco, jato leque e bicos jato cone cheio.

- As pressões mais elevadas produzem gotas menores e pressões mais baixas produzem gotas maiores;
- Bicos de baixa vazão produzem as menores gotas e bicos de vazão mais elevada produzem as maiores gotas;
- A velocidade de gota está relacionada ao seu tamanho. Pequenas gotas podem ter uma velocidade inicial mais elevada, mas a velocidade diminui rapidamente. Já as gotas maiores mantem a velocidade por um tempo maior e se deslocam mais.

Os tipos de bicos citados, estão ilustrados na (Figura 11).

Figura 11: Tipos de bicos pulverizadores.

Fonte: http://www.spray.com.br/literature_pdfs/Portuguese/B652-BR_Dust_Control.pdf



A escolha do tipo de bico a ser utilizado será discutido na metodologia (capítulo 3).

2.2.5 Reservatório

O reservatório parece ser um elemento trivial de um circuito hidráulico, mas na realidade, pode causar algumas dificuldades quanto ao seu dimensionamento e posicionamento de elementos e acessórios.

O volume do reservatório em litros deve ser no mínimo igual a três vezes o consumo de água em quatro horas de operação máxima do sistema para o nosso caso, visto que as diversas vezes que faltou água em nossa rede, o tempo médio de reparo é inferior a 1 horas. Logo, podemos ter uma margem segura de tempo de trabalho, demonstrado pela seguinte equação (1):

$$V_{res} = 3 \cdot C_{ons.tot} \quad (1)$$

Onde:

V_{res} = Volume do reservatório [L]

$C_{ons.tot}$ = Consumo total de água [L/h]

Um reservatório deve suprir tanto as necessidades mínimas como máximas do sistema.

Estuda-se a possibilidade de reaproveitamento de água da chuva, para economizar a água, mesmo sabendo que ela é de fonte própria.

3 METODOLOGIA

A fim de atender às exigências das legislações ambientais e livrarem-se de pesadas multas e penalidades por infrações de emissões, as empresas que possuem processos produtivos geradores de poeira, cada vez mais investem em sistemas eficientes de abatimento e controle de MP.

Um projeto de pulverização de água pode ter inúmeras combinações de tipos e características de emissão, associados com diferentes casos, diferentes layouts, tipos de materiais utilizados na rede de distribuição, tipos de motobombas, comprimento da rede, entre outras.

Dessa forma o projeto é totalmente dependente da interpretação humana, que por sua vez depende do conhecimento adquirido da experiência e do embasamento teórico do projetista, e dos recursos financeiros disponíveis.

Como procedimentos metodológicos de pesquisa para a realização do dimensionamento proposto, definiu-se o seguinte:

- Identificar o embasamento teórico pertinente através dos conceitos necessários para dimensionar uma rede pulverização de água para abatimento de pó;
- Identificar o equacionamento necessário para o desenvolvimento do dimensionamento bem como as unidades utilizadas;
- Realizar visitas na empresa para identificar os elementos necessários para o dimensionamento;
- Definir os componentes do sistema através de literatura e pesquisas em catálogos online;
- Analisar os resultados encontrados para o problema proposto.

Desta maneira foi possível definir a melhor maneira para atingir o objetivo deste trabalho.

3.1 METODOLOGIA DE CÁLCULO

3.1.1 Hidráulica da tubulação

Um critério interessante para o dimensionamento da tubulação é o do diâmetro da velocidade econômica (proporciona o menor custo anual total), por sua simplicidade e eficácia. Adota-se uma velocidade entre 0,5 a 2,0 m/s e o equacionamento é dado por:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3)$$

onde,

$$V = \text{velocidade média} \left[\frac{m}{s} \right];$$

$$Q = \text{vazão requerida} \left[\frac{m^3}{s} \right];$$

$$A = \text{area da seção do tubo} [m^2];$$

$$D = \text{diâmetro do tubo} [m].$$

Segundo VERMEIREN, (1997), devido à viscosidade, o escoamento numa tubulação pode ser laminar ($Re < 2000$), turbulento ($Re > 4000$) ou ambos ($2000 \leq Re \leq 4000$). O critério que define os regimes, foi determinado por Reynolds e denominado “Re” valor adimensional que pode ser expresso por:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (4)$$

onde,

$$V = \text{velocidade média} \left[\frac{m}{s} \right];$$

$$D = \text{Diâmetro interno da tubulação} [m];$$

$$\nu = \text{viscosidade cinemática} \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

Expressando-se em função da vazão, chegamos na equação:

$$Re = \frac{4 \cdot q}{v \cdot \pi \cdot D} \quad (5)$$

onde,

$$q = \text{vazão da tubulação} \left[\frac{m^3}{s} \right];$$

A equação de Darcy-Weisbach, expressa o valor da perda de carga em função da vazão:

$$H_f = \frac{8 \cdot f \cdot Q^2 \cdot L}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \quad (6)$$

Onde,

H_f = perda de carga ao longo do comprimento do tubo [mca];

f = coeficiente de atrito;

$$Q = \text{vazão} \left[\frac{m^3}{s} \right];$$

L = comprimento da tubulação [m];

g = aceleração da gravidade $\left[9,81 \frac{m}{s^2} \right]$;

D = diâmetro interno da tubulação [m];

O coeficiente de atrito f depende do número de Re e da rugosidade relativa:

$$\text{Rugosidade relativa} = \left(\frac{\varepsilon}{D} \right) \quad (7)$$

onde,

ε = rugosidade absoluta [m];

D = diâmetro interno da tubulação [m];

A Tabela 1 apresenta alguns valores da rugosidade absoluta para os principais materiais utilizados em tubulações de distribuição de água.

Tabela 1: Valores de rugosidade absoluta.

MATERIAL	RUGOSIDADE ABSOLUTA EQUIVALENTE (ϵ ,mm)
Aço soldado novo	0,05 a 0,10
Aço soldado oxidado	0,40
Aço galvanizado s/costura	0,06 a 0,15
Ferro fundido novo	0,25 a 0,50
Ferro fundido velho	3,00 a 5,00
Concreto com acabamento normal	1,00 a 3,00
PVC, plásticos, tubos extrudados	0,0015 a 0,010

Fonte: Adaptado de Porto, 2001.

Segundo PORTO (2001) devido à alteração da superfície da parede, coloca o projetista diante de um problema, exigindo bom senso e experiência.

Quando o regime é laminar, f é função de Re e independe de ϵ , nesse caso o valor é dado por (CRUCIANI, 1996) :

$$f = \left(\frac{64}{Re} \right) \quad (8)$$

Quando o regime é turbulento, f depende de Re e ϵ , até um limite com Re muito alto, onde depende somente de ϵ , sendo esse quando o regime é turbulento (CRUCIANI, 1996).

Quando estamos utilizando com condutos lisos e regime turbulento, quando ϵ é menor que a espessura da camada limite ou camada viscosa aderente o coeficiente f se expressa pela equação (9), que segundo Blasius (1908), é de ($3000 < Re < 100000$).

$$f = 0,316 \cdot Re^{-0,25} \quad (9)$$

Para a situação de tubos rugosos e regime turbulento, o fator f pode ser obtido pela equação de Colebrook-White:

$$\left(\frac{1}{\sqrt{f}}\right) = -2 \log\left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D}\right) + \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}}\right) \quad (10)$$

e pela relação ajustada ao diagrama de Moody:

$$f = 0,0055 \left[1 + \left(2000 \frac{\varepsilon}{D} + \frac{1 \cdot 10^{-6}}{Re} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (11)$$

Para a situação de condutos rugosos, o fator f pode ser determinado por Nikuradse:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \log\left(\frac{2\varepsilon}{D}\right) \quad (12)$$

A hidráulica dos sistemas de irrigação/pulverização não permite a exatidão na aplicação de equações, pois existem vários fatores que variam com o tempo de uso, tal como a rugosidade, a pureza da água, os tipos de juntas, entre outros. Portanto para utilizar um correto dimensionamento é necessário fazer algumas correções.

As formulas de Hazen-Williams e Darcy-Weisbach, podem ser utilizadas nesse contexto pois os resultados obtidos pela correção, correspondem a um padrão prático de aplicação.

Segundo BERNARDO (1995), a equação é recomendada para água a condições ambientes e tubulação com diâmetros $D \geq 50\text{mm}$ pode ser expressa por:

$$J = 10,646 \cdot \frac{1}{D^{4,87}} \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \quad (13)$$

Onde,

$$J = \text{perda de carga} \left[\frac{m}{m} \right];$$

$C = \text{coeficiente dependente da natureza do tubo (material e estado)}$;

A Tabela 2 mostra valores de C , para tubulação com finalidade de transporte de água.

Tabela 2: Valores da constante da equação de Bernarnd (1995)

MATERIAL	VALOR DE C
Aço galvanizado novo	125
Aço soldado novo	120
Aço soldado usado	90
Cimento	140
Ferro fundido novo	130
Ferro fundido usado	90
Concreto com bom acabamento	130
Plástico	140

Fonte: Azevedo Netto & Alvarez, 1988.

A utilização das fórmulas práticas experimentais deve ser realizada com muito cuidado devido à perda de carga e, diante da incerteza sobre o tipo de escoamento, segundo PORTO (1991) deve-se usar a equação universal, com coeficiente de atrito determinado pela Equação (9), sempre observando as condições para qual elas foram determinadas.

3.1.2 Bombeamento – bombas hidráulicas

Cada tipo de bomba possui uma relação entre vazão Q , altura manométrica H_{mt} , potência absorvida P_{ot} , rotação RPM e rendimento η que, segundo PORTO (2001) formam curvas características de cada modelo, e podem ser alteradas em função da rotação e do diâmetro do rotor:

$$Q_2 = \frac{Q_1}{\left[\left(\frac{RPM_1}{RPM_2} \right) \cdot \left(\frac{\emptyset_1}{\emptyset_2} \right)^3 \right]} \quad (14)$$

$$Hmt_2 = \frac{Hmt_1}{\left[\left(\frac{RPM_1}{RPM_2} \right)^2 \cdot \left(\frac{\emptyset_1}{\emptyset_2} \right)^2 \right]} \quad (15)$$

$$Pot_2 = \frac{Pot_1}{\left[\left(\frac{RPM_1}{RPM_2} \right)^3 \cdot \left(\frac{\emptyset_1}{\emptyset_2} \right)^5 \right]} \quad (16)$$

Onde,

$Q_1 =$ vazão no rotor original $\left[\frac{m^3}{h} \right];$

$Q_2 =$ vazão no rotor ajustado $\left[\frac{m^3}{h} \right];$

$RPM_1 =$ rotação original;

$RPM_2 =$ rotação ajustada;

$\emptyset_1 =$ diâmetro do rotor original [mm];

$\emptyset_2 =$ diâmetro do rotor ajustado [mm];

$Hmt_1 =$ altura manométrica no rotor original [mca];

$Hmt_2 =$ altura manométrica no rotor ajustado [mca];

$Pot_1 =$ potência no rotor original [CV];

$Pot_2 =$ potência no rotor ajustado [CV];

Podemos reduzir as Equações 14, 15 e 16 mantendo a rotação dos motores constantes, sendo assim as rotações se anulam resultando em curvas características (BERNARDO, 1995), podemos calcular por meio de (PORTO, 2001):

$$Q_2 = \frac{Q_1}{\left[\left(\frac{\phi_1}{\phi_2}\right)^3\right]} \quad (17)$$

$$Hmt_2 = \frac{Hmt_1}{\left[\left(\frac{\phi_1}{\phi_2}\right)^2\right]} \quad (18)$$

$$Pot_2 = \frac{Pot_1}{\left[\left(\frac{\phi_1}{\phi_2}\right)^5\right]} \quad (19)$$

De forma análoga, considerando os diâmetros constantes podemos chegar nas diferentes faixas de operação devido a rotação, sendo recomendada na prática uma alteração entre 30% a 40%, para que o rendimento seja considerado o satisfatório segundo DENÍCULI, (2001). Desta forma as equações a seguir permitem o cálculo da vazão, altura manométrica e potência, devido a variação na rotação.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{RPM_1}{RPM_2} \quad (20)$$

$$\frac{Hmt_1}{Hmt_2} = \left(\frac{RPM_1}{RPM_2}\right)^2 \quad (21)$$

$$\frac{Pot_1}{Pot_2} = \left(\frac{RPM_1}{RPM_2}\right)^3 \quad (22)$$

Ainda segundo DENÍCULI (2001), quando um rotor de uma bomba é usado com intuito de alterar a vazão e/ou pressão, tal alteração não deve ultrapassar uma redução de 20% do diâmetro original, pois resultaria em uma redução da eficiência.

3.1.3 Cálculo da potência do motor

A potência necessária ao motor para atender as condições de operação da bomba pode ser calculada por meio de:

$$Potência = \frac{\gamma \cdot Q \cdot Hmt}{75 \cdot \eta} \quad (23)$$

onde,

$$\gamma = \text{peso específico do fluido} \left[\frac{kgf}{m^3} \right];$$

Hmt = altura manométrica total [mca];

η = eficiência da bomba;

Podemos ainda, calcular a eficiência da bomba e o torque do motor, desde que sejam conhecidos os valores de vazão, altura manométrica, potência e rotação. Desta maneira, obtemos as equações:

$$\eta = \frac{Q \cdot Hmt}{2,7 \cdot Pot} \quad (24)$$

$$T = \frac{Pot \cdot 736,60}{2 \cdot \pi \cdot RPM} \quad (25)$$

onde,

T = torque do motor [N.m]

3.1.4 Seleção de motores

Como já havíamos comentado, os principais tipos de motores utilizados nesse tipo de sistema, são os motores movidos a energia elétrica e combustível fóssil (gasolina/diesel).

Na seleção dos motores elétricos devemos considerar uma margem de segurança. Esta margem é importante para evitar que o motor opere em condições de sobrecarga. A Tabela 3 mostra a recomendação para utilização da margem de segurança em função da faixa de potência exigida pela bomba.

Tabela 3: Margem de segurança

Potência exigida pela bomba [cv]	Margem de segurança [%]
Até 2,0	50,0
2,0 a 5,0	30,0
5,0 a 10,0	20,0
10,0 a 20,0	15,0

> 20,0	10,0
--------	------

Fonte: Denículi, 2010.

Ao estudar os requisitos para motores a diesel, segundo MIALHE, (1996), o consumo de combustível é um custo alto para a operação, portanto é fundamental conhecer as faixas econômicas de operação.

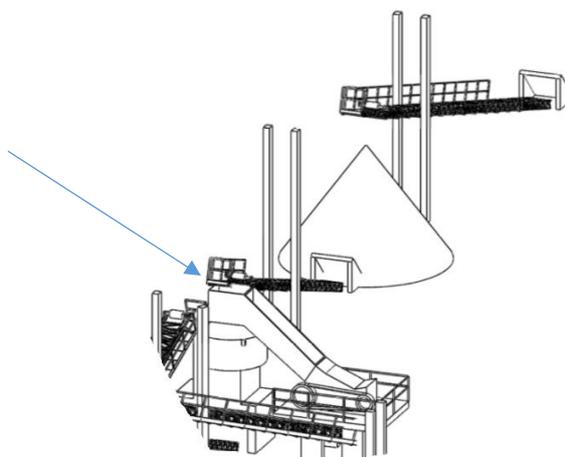
Porém neste trabalho, não iremos abordar as condições para operarmos o sistema com motores a combustão, visto que a planta industrial estudada é autossustentável energeticamente devido a participação em usinas geradoras de energia elétrica e estar no programa de mercado livre de energia.

3.2 DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS

Os parâmetros envolvidos no dimensionamento do nosso sistema compreendem primeiramente um estudo feito diariamente no local de aplicação futura. A planta de britagem estudada fica no município de Guarapuava-PR, e está em anexo A.

Em um primeiro momento, iremos dimensionar o sistema em apenas um setor, compreendido na (Figura 12).

Figura 12: Layout da planta-Setor a ser estudado
Fonte: Própria autoria



O local indicado refere-se à bica de entrada de material no impactador HSI, ponto escolhido para os estudos desse trabalho pois é de fácil acesso e representa grande parte da emissão de MP.

A seguir apresentaremos algumas imagens reais da atual planta de britagem.

Mostraremos como é a dispersão do MP e fica fácil observar que se trata de uma quantidade elevada que está sendo liberada durante o processamento da rocha.

Figura 13: Rebritador cônico e britador
Fonte: Própria autoria



A Figura 13 mostra um dia comum dos equipamentos em pleno funcionamento, o produto que está sendo transportado pela esteira, irá passar por mais um processo de quebra por impacto, e mesmo antes de sofrer mais um processo o mesmo já libera o MP como pode ser visto.

Foi analisado os seguintes parâmetros para o dimensionamento do sistema de pulverização de água:

- Capacidade de produção do equipamento;
- Raio de ataque do MP;
- Condições de turbulência do MP;
- Dimensões para cálculo de perda de carga;
- Layout para instalação do sistema;

Todos os parâmetros citados, já estão analisados e devidamente classificados. A (Figura 14), mostra o mesmo local da figura anterior, porém com as máquinas desligadas.

**Figura 14: Esteira transportadora para a pilha do britador.
Fonte: Própria autoria**



A diferença entre as figuras mostradas em relação ao funcionamento diário e um dia de parada são relevantes para a nossa pesquisa. Mostram claramente a necessidade de implantação do sistema de abatimento de pó por pulverização de água.

Figura 15: Planta desligada.
Fonte: Própria autoria.



A (Figura 15) mostra a continuação da planta de britagem, havendo o sucesso de aplicação no primeiro setor citado anteriormente, é possível que o sistema seja implantado no restante.

Figura 16: Planta ligada.
Fonte: Própria autoria



Novamente a (Figura 16) mostra a planta em pleno funcionamento, evidenciando a necessidade de um sistema de controle de pó.

4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A ideia inicial do trabalho, era desenvolver e aplicar um sistema de abatimento de pó em um setor piloto. Porém no final de 2017 houve uma recessão no país, impactando diretamente no faturamento da empresa, com isso tivemos mudanças na gestão e a decisão foi para que esse projeto fosse adiado.

A fim de contribuir com o progresso da empresa o bem estar dos colaboradores e a população retomei o projeto, porém algumas mudanças foram impostas, como a utilização apenas dos materiais e equipamentos existentes no almoxarifado e resto de obras.

4.1 ESTRUTURA DO SISTEMA

O sistema será composto por um filtro para caixa d'água (Figura 17), tubulação galvanizada Ø1" x 6000x 2,65mm, conjunto moto bomba TH-16 3CV (Figura 18), reservatório IBC gradeado de capacidade para 1000L (Figura 19), bicos de pulverização (Figura 20) e demais componentes como junções, curvas, uniões e acessórios.

Figura 17: Filtro para caixa d'água.

Fonte: <http://eloscimento.com.br/ps16/caixas-d-agua/15616-filtro-p-caixa-d-agua-poe-934-branco-lorenzetti.html>



O filtro para caixa d'água possui vazão nominal 1.200 L/h e pressão [16,6 a 588 kpa].

Figura 18: Moto bomba TH-16 3CV
Fonte: Própria autoria



A moto bomba possui a seguinte vazão 16m³/h, diâmetros de sucção 1.1/2" e recalque 1".

Figura 19: Reservatório IBC 1000L.
Fonte: <https://www.seuposto.com/ibc-reservatorio-gradeado-capacidade-1000-litros-para-aviacao-inmetro>



Temos vários reservatórios como este da (Figura 19) no almoxarifado, além de uma boa capacidade, é de fácil manuseio podendo ser transportado sem problemas, resistente a intempéries e pronto para o uso. A seguir temos o bico

escolhido conforme (Figura 20), suas características estão descritas na (figura 21)

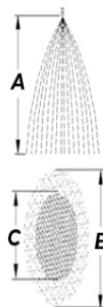
Figura 20: Bico tipo cone cheio.
Fonte: <https://peumax.com.br/product/tipo-7-g/>



O bico foi escolhido devido às suas características, tais como ângulo de ataque, profundidade e cobertura.

Figura 21: Características de trabalho do bico escolhido.
Fonte: <https://peumax.com.br/product/tipo-7-g/>

Descrição



Conex. NPT	Especificação	Cobertura aproximada			Capacidade litros / Min						
		A	B	C	1	2	3	5	6	8	10
		m	m	m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
3/4"	7G-1	1	1.5	1	3.1	4.3	5.2	6.5	7.1	8.1	9.0

4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Partiremos dos dados obtidos em campo e em pesquisas. Conforme (Tabela 4) e ANEXO B.

Tabela 4: Dados para dimensionamento

CARACTERÍSTICAS DA TUBULAÇÃO			
COMPRIMENTO	MATERIAL	DIÂMETRO	PAREDE
23 METROS	AÇO GALVANIZADO	1" – 33,7mm	2,65mm

CARACTERÍSTICAS DO BICO			
TIPO	VAZÃO	PRESSÃO	QTD.
CONE CHEIO	300 [L/h] ou $8,33 \times 10^{-5}$	637 kpa	3

CARACTERÍSTICAS DO RESERVATÓRIO			
CAPACIDADE	MATERIAL		
3000L	PLASTICO		

CARACTERISTICA PRÉ FILTRO			
VAZÃO	PRESSÃO		
1200 L/h	16,6 a 588kpa		

CARACTERISTICA DA MOTO BOMBA			
VAZÃO	POTÊNCIA		
16000 L/h	3 CV		

DADOS PARA CÁLCULOS			
VELOCIDADE ECONÔMICA			
0,5 a 2,0 [m/s]			

Utilizando a equação (2), temos:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

$$1,5 = \frac{0,00025}{A} = 1,66 \cdot 10^{-4} m$$

Assim, temos que $A = 1,66 \cdot 10^{-4} m^2$, substituindo na equação (3),

$$A = \frac{\pi.D^2}{4} \quad (3)$$

$$D = \sqrt{\frac{4.1,66.10^{-4}}{\pi}} = 0,014 \text{ m ou } 14,6 \text{ mm}$$

Logo, poderíamos adotar o diâmetro comercial de 1/2" com diâmetro interno de 16mm. Porém temos à nossa disposição a tubulação de 1" com diâmetro interno de 28,4mm.

Assim seguiremos com o cálculo para determinação da perda de carga em nossa linha, adotando a equação (5), temos:

$$Re = \frac{4.q}{v.\pi.D} \quad (5)$$

$$Re = \frac{4.0,00025}{0,893.10^{-5}.\pi.0,0284} = 1256$$

$$Re = 1256 < 2000 \text{ (laminar)}$$

Quando o regime é laminar, f é função de Re independente de ϵ , nesse caso o valor é dado pela equação (8) segundo CRUCIANI, (1996) :

$$f = \left(\frac{64}{Re}\right) = \left(\frac{64}{1256}\right) \quad (8)$$

$$f = 0,0509$$

Logo podemos calcular a perda de carga na tubulação de recalque baseado no ANEXO B e os resultados obtidos até agora. De acordo com a NBR 5626 a perda de carga relacionada aos acessórios da linha é de um comprimento equivalente $Le = 9 \text{ m}$, somando à nossa linha de 23 metros temos um $L = 32\text{m}$. Utilizando a equação (6) temos:

$$Hf = \frac{8.f.Q^2.L}{\pi^2.g.D^5} = \frac{8.0,0509.0,00025^2.32}{\pi^2.9,8.0,0284^5} = \quad (6)$$

$$Hf = 0,456 \text{ mca}$$

Agora podemos calcular a potência necessária do motor, pois $Hmt = hg + hf$, sendo $hg = 4$. Temos que $Hmt = 4 + 0,456 = 4,456\text{mca}$

A potência necessária ao motor para atender às condições de operação da bomba pode ser calculada por meio de:

$$Potência = \frac{\gamma \cdot Q \cdot Hmt}{75 \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 0,00025 \cdot 4,456}{75 \cdot 0,77} \quad (23)$$

$$Potência = 0,02cv$$

Considerando a tabela 3, podemos afirmar que a moto bomba existente em nosso almoxarifado é suficiente para atender à nossa proposta.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho focou em definir um método para diminuir a liberação de MP no ambiente, aplicando conceitos de engenharia mecânica, tais como estudo de caso, pesquisa de campo, pesquisa bibliográfica, dimensionamento da tubulação e escolha dos equipamentos necessários. Durante a execução não encontrei dificuldades em relação ao tema, pois ele é amplamente empregado na agricultura e em pedreiras fora do país, e existem empresas especializadas neste ramo. Em 2018, pude analisar um orçamento para adequar a nossa planta com esse sistema de pulverização, porém os valores eram muito altos. Acredito que o conhecimento adquirido neste trabalho me ajude a projetar e executar o trabalho com sucesso e baixo custo devido ao grande estoque de máquinas, equipamentos e materiais que a empresa possui. De acordo com o estudo realizado para obtenção do título de bacharel em engenharia mecânica e contribuição para a empresa que eu trabalho, fica claro a possibilidade de aplicação do sistema, visto que os cálculos atestam a utilização dos materiais existentes e que o resultado abateria consideravelmente o MP do setor aplicado. Agradeço aos professores incentivadores que me apoiaram.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, IVO TORRES DE. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. Dissertação (Mestrado) – Escola politécnica da universidade de São Paulo. Departamento de engenharia de minas, 194p, 1990.

BRAILE, V. V. et al. **Poluição do ar causada pela operação de pedreiras no município do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v.7, n.27, p.204-18 jul. / ago. / set.1979

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6d Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. p. 657.

Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR, atualiza e complementa a resolução CONAMA nº 3/1990. **O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e considerando o previsto na Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR

CRUCIANI, D.E. **Hidráulica**. Equações, tabelas e gráficos. Piracicaba: Centro Acadêmico “Luiz Queiroz”, 1996. 128p.

DAKER, A. **Hidráulica aplicada à agricultura: A água na agricultura**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2983. p.316.

DENÍCULI, W. **Bombas Hidráulicas**. Viçosa: UFV, 2001. 162p.

FIALHO, A. B. **Automação Hidráulica Projeto, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 6. Ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.

HOUGHTALEN, ROBERT J. **Engenharia hidráulica**. 4 Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

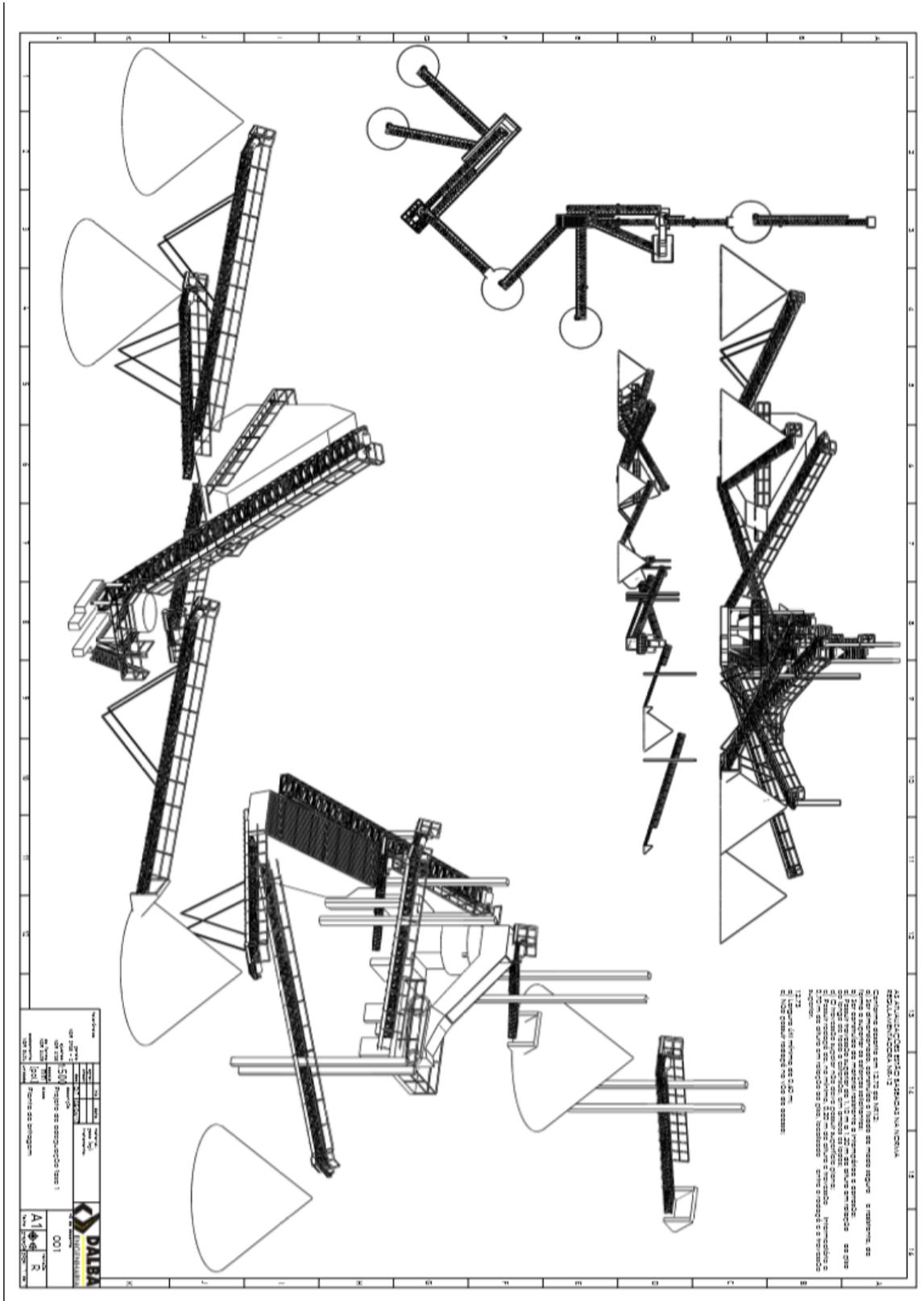
MIALHE, L. G. **Máquinas Agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz Queiroz, 1996. 722p.

PORTO, R.M. **Hidráulica Básica**. 2. Ed. São Carlos: EESC-USP, 2001. 519 p.

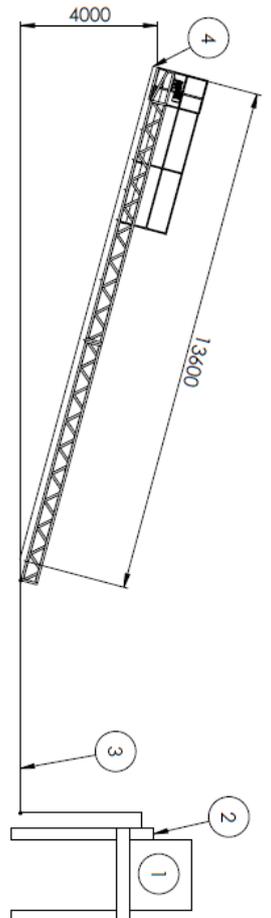
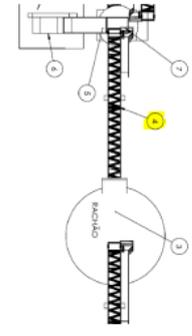
VERMEIREN, L. **Irrigação localizada**. Trad. De H.R. Gheyi, F.A.V. Damasceno, L.G.A. Silva Jr. e J.F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1997. p.184

<<http://www.spray.com.br/> > Acesso em: 10 jun. 2017

ANEXO A - Layout da planta de britagem



ANEXO B - Dados para dimensionamento

A	1	2	3	4	5	6	7	8	
				<p>Pré cálculos para o dimensionamento</p> <p>$V = \frac{Q}{A}$</p> <p>V=Velocidade [m/s]</p> <p>Q=Vazão [m³/s]</p> <p>A=Área de secção do tubo [m²]</p>		<p>3 Linha</p> <ul style="list-style-type: none"> • 23m tubo 1" galv.; • 2 x curvas raio longo 90° • 1" rosca Interna; • 1 x curva 45° raio longo soldável; • 1 x redução 1" para 3/4" 		<p>2 Conjunto distribuidor</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 x Motobombas; • 1 x Registro de esfera; • 1 x Filtro; • 1 x redução 2" para 1" 	
<p>1 3 x Reservatórios de 1000L - Existente no almonoxarifado.</p> 		<p>4 Bico pulverizador - tipo cone cheio</p> 		<p>1</p> <p>redução 1" para 3/4" 0,7</p> <p>curva 45° 0,3</p> <p>CURVA 90° 1</p> <p>redução 2" para 1" 2 0,8</p> <p>0,4</p> <p>1,6</p> <p>0,4</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>6</p>		<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p>		<p>tolerâncias gerais: NBR 2768 - C</p> <p>ajustes: NBR 6158</p> <p>de forma: NBR 6409</p> <p>acabamento: NBR 8404</p>	
<p>aprov. _____</p> <p>check _____</p> <p>des. _____</p> <p>escala: 1:100</p> <p>mm</p> <p>bloco</p>		<p>inic. _____</p> <p>data _____</p> <p>material: _____</p> <p>peso [kg]: _____</p> <p>tratamento: _____</p>		<p>descrição</p> <p>nr. do desenho</p>		<p>revisão</p> <p>A3</p> <p>R</p>		<p>folha _____</p> <p>projeção: _____</p> <p>1 de 1</p>	
									

