



**INSTITUTO
FEDERAL**
Minas Gerais

Campus Avançado
Arcos

Guilherme Olímpio Pamplona da Silva

Joaquim Júnior Lopes

Marden Luís Chagas

Pierre Alexsander Amorim

Vitor Martins Fonseca

Wesley Lúcio da Silva

Desenvolvimento de uma Peneira Giratória

Arcos - MG

27 de junho de 2018

Guilherme Olímpio Pamplona da Silva
Joaquim Júnior Lopes
Marden Luís Chagas
Pierre Alexsander Amorim
Vitor Martins Fonseca
Wesley Lúcio da Silva

Desenvolvimento de uma Peneira Giratória

Projeto apresentado à disciplina de TAI
III–Trabalho Acadêmico Integrador III do
curso de Engenharia Mecânica ministrado no
Instituto Federal de Minas Gerais, Campus
Arcos.

Instituto Federal de Minas Gerais
Campus Arcos
Graduação em Engenharia Mecânica

Orientador: Márcio Rezende Santos

Arcos - MG
27 de junho de 2018

Resumo

Este presente trabalho é uma sequência do projeto realizado no primeiro e segundo semestre de 2017 por alunos do Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Avançado Arcos, e que foi proposto e aceito por todos os membros da equipe. Será desenvolvido uma parte do projeto levando em conta que deverá ser finalizado no segundo semestre de 2018. Serão apresentadas melhorias no projeto em relação ao semestre passado, com o intuito de que o mesmo se torne futuramente um produto. A Peneira Giratória funcionará basicamente como um crivador fixo na estrutura que gira a uma certa velocidade e que possuirá uma altura de aproximadamente 80 cm, de modo que um trabalhador jogará o material com facilidade para ser peneirado. E também deve-se ressaltar que uma das melhorias realizadas neste período é a criação de um segundo crivador que será introduzido dentro do crivador fixo a estrutura. Onde o mesmo poderá ser colocado e retirado da Peneira Giratória de acordo com o material a ser crivado.

Palavras-chaves: Peneira Giratória. sequência. Trabalho Acadêmico Integrador 3.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Cronograma	11
Figura 2 – Tabela - Resultado do questionário	12
Figura 3 – Desenho - crivador externo	13
Figura 4 – Desenho - crivador interno	14
Figura 5 – DCL(Diagrama de Corpo Livre) do crivador externo	15
Figura 6 – DCL(Diagrama de Corpo Livre) da estrutura	16
Figura 7 – Composição Química do Aço 1020	20
Figura 8 – Durezas da chapa de aço 1020	20
Figura 9 – Esquematização de rendimentos de uma transmissão	22
Figura 10 – Modelagem Tridimensional da Peneira Giratória	30
Figura 11 – Crivadores da Peneira Giratória	31

Sumário

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVOS	7
2.1	Objetivos Gerais	7
2.2	Objetivos Específicos	7
3	JUSTIFICATIVA	8
4	REFERENCIAL TEÓRICO	9
4.1	Peneiras Giratórias	9
5	METODOLOGIA	10
5.1	Escopo do Trabalho	10
5.2	Cronograma	11
5.3	Orçamento de custo do projeto	12
6	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	13
6.1	Dimensionamento dos crivadores	13
6.2	Análise estática da estrutura da Peneira Giratória	14
6.3	Cálculo de Momento de Inércia dos crivadores	17
6.4	Cálculo do tamanho mínimo da estrutura de suporte dos crivadores	17
6.5	Estudo das propriedades da chapa de aço utilizada para a construção dos crivadores	19
6.6	Estudo da oxidação nos materiais	21
6.7	Definição e rendimento das transmissões mecânicas	22
	REFERÊNCIAS	24
	APÊNDICES	25
	APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO DE MOMENTO DE INÉRCIA	26
	APÊNDICE B – MEMORIAL DE CÁLCULO DO TAMANHO MÍNIMO DA ESTRUTURA DE SUPORTE DOS CRIVADORES	27

ANEXOS

29

**ANEXO A – RESULTADOS DA CONCLUSÃO DA PRIMEIRA ETAPA
DE CONSTRUÇÃO DO PROJETO DA PENEIRA GI-
RATÓRIA 30**

1 Introdução

Peneiras são dispositivos mecânicos que determinam a granulometria de materiais. São usadas em diversos tipos de processos, possibilitando uma maior produção e otimização de trabalhos que seriam realizados manualmente. Sua gama de atuação é ampla, podendo ser encontradas em diversos setores da indústria como por exemplo do agronegócio, mineração e na construção civil.

São fabricadas em dois tipos de formatos, usualmente vibratória e giratória, variando de acordo com sua aplicação. Sua estrutura é composta por duas partes, a parte cilíndrica e o seu apoio, o motor e um eixo para interligar as duas partes permitindo o movimento. Para a vibratória seria uma mesa com dois compartimentos que vibram para crivar o material.

2 Objetivos

2.1 Objetivos Gerais

O interesse principal do projeto é atingir um público não industrial e sim o de pequenas e médias construções para mecanizar um processo que é fundamental e muito importante para qualquer obra, que é o processo de crivagem.

2.2 Objetivos Específicos

O objetivo deste projeto para o primeiro semestre é propor uma máquina que seja utilizada como uma ferramenta que facilite o trabalho no crivamento de materiais na construção civil. A máquina consiste em uma peça cilíndrica que gira com uma certa inclinação, crivando o material automaticamente. E seus respectivos objetivos específicos para este semestre são:

- Dimensionar o cilindro peneirador;
- Estudar os esforços que estão sendo exercidos na estrutura;
- Estudar as características da chapa de aço utilizada na construção dos crivadores;
- Estudo das possíveis transmissões de movimento para a peneira;

3 Justificativa

O presente trabalho torna-se relevante em função da falta de uma máquina que mecanize o processo de crivagem de materiais em pequenas e médias construções. A ideia de construir uma Peneira Giratória, surgiu devido a observações na cidade de Arcos - MG, pois a mesma possui muitas construções. E observou-se que a maioria das construções de pequeno e médio porte contava apenas com trabalho manual de crivagem.

Para que o projeto realmente se torne relevante, o grupo realizou um simples estudo no segundo semestre de 2017, para descobrir se a Peneira Giratória seria bem aceita no mercado, afim de definir se realmente era um projeto relevante ou não.

O estudo foi realizado na cidade de Arcos - MG, especificamente nos bairros próximos ao campus do IFMG, e o mesmo atingiu cerca de 30 entrevistados. Após a conclusão do estudo, foi definido que de uma escala de 0 a 10, sendo que 0 não facilitaria nada e 10 ajudaria muito, aproximadamente 73% das pessoas deram uma nota maior ou igual a 7,5; sendo um valor elevado para uma análise de aprovação de um determinado produto no mercado.

Para que se tenha certeza que a pessoa que adquirir a peneira terá um tempo suficiente para conseguir um retorno a médio ou longo prazo, foi inferida a média de idade da população de Arcos - MG no ano de 2017, por meio da média da amostra com um nível de confiança de 95%. Logo após o cálculo do intervalo de confiança o resultado encontrado para a média de idade está entre 31 e 42 anos, com uma certeza de 95%.

O questionário do estudo foi respondido por pessoas com média de idade entre 31 e 42 anos, onde aproximadamente 76% das pessoas eram homens, o que indica que o estudo atingiu o público alvo; pois futuramente se a Peneira Giratória se concretizar em um produto é este público que o marketing deverá atingir.

Com base no estudo de aceitação da Peneira Giratória, foi decidido que o projeto realmente é relevante para que seja desenvolvido no Trabalho Acadêmico Integrador 3 e 4, e também devesse ressaltar que o mesmo tem grandes chances de futuramente se tornar um produto comercializável.

4 Referencial Teórico

4.1 Peneiras Giratórias

As Peneiras Giratórias são máquinas fundamentais na indústria, agronegócio, mineração, e na construção civil. Elas são muito utilizadas nos processos para a separação de materiais como: minério, grãos, areia, cimento, entre outros. As Peneiras Giratórias tem uma maior aparição em grandes empresas pois tem um valor elevado para ser adquirida.

- Ganhos de tempo
- Durabilidade
- Fácil manutenção

São classificadas de acordo com sua forma geométrica e também com base na forma em que as peneiras trabalham. As mais comuns na indústria são as giratórias e vibratórias. Os elementos característicos das peneiras são as telas, cuja a granulometria da tela e determinada pelo tipo de material a ser peneirado.

5 Metodologia

Para chegar aos parâmetros necessários e ideais para a Peneira Giratória, foi utilizada a metodologia e os principais conceitos apresentados no livro “Projetos de engenharia mecânica” de [Shigley e Mischke \(2005\)](#). Na construção de uma Peneira Giratória, não são necessárias tantas exigências por ser um projeto com poucos detalhes e por ser uma máquina rústica e robusta. Sob o olhar físico, pode se exigir de uma Peneira Giratória algumas características, como:

- Estimativa de custo;
- Dimensionamento dos crivadores e da estrutura para a construção dos mesmos;
- Análise estrutural da Peneira Giratória;

A estimativa de custo do projeto é uma das partes mais importantes de um projeto de Engenharia Mecânica, porque em um mundo capitalista tudo gira em torno do custo-benefício para que o projeto ou produto obtenha sucesso.

O dimensionamento dos crivadores e da estrutura são processos de extrema importância para um projeto de Engenharia Mecânica. Sendo uma das etapas a análise estrutural utilizada para evidenciar os esforços que estão sendo realizados na estrutura.

5.1 Escopo do Trabalho

Para o estudo e desenvolvimento da construção da peneira giratória, foi feito primeiramente uma pesquisa de mercado assim como a análise das forças exercidas em sua estrutura. Dando prosseguimento ao estudo, será necessário dimensionar os crivadores para obter no período subsequente com experimentos: a velocidade adequada para a Peneira Giratória, o motor à ser utilizado e o dimensionamento do eixo. E também neste período a transmissão que será utilizada para adequação da velocidade pretendida.

Para realização da construção da peneira giratória primeiramente serão feitos orçamentos para análise do melhor custo-benefício. Primeiramente serão construídos os crivadores, depois será construída a estrutura de acordo com os estudos realizados.

Os resultados obtidos serão organizados em um relatório científico, segundo os requisitos pré-estabelecidos da disciplina de TAI III (Trabalho Acadêmico Integrador).

5.2 Cronograma

As atividades que a equipe deverá exercer durante os dois semestres do ano de 2018, foram organizadas mensalmente para que o projeto seja concretizado e finalizado.

Figura 1 – Cronograma

Atividade	Mês											
	1º Mês	2º Mês	3º Mês	4º Mês	5º Mês	6º Mês	7º Mês	8º Mês	9º Mês	10º Mês	11º Mês	12º Mês
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Discussão teórica em função da determinação dos objetivos	X											
Projeto da Peneira Giratória		X	X	X			X	X				
Aquisição dos itens para a montagem da Peneira		X	X	X	X		X	X	X	X		
Montagem da Peneira Giratória			X	X		X	X	X	X	X	X	
Testes de funcionamento											X	
Desenvolvimento de relatório		X	X	X	X		X	X	X	X		

Fonte: Próprios autores

5.3 Orçamento de custo do projeto

Foram realizados orçamentos em lojas e serralherias da região e chegou-se a um preço final aproximado de R\$ 2288,00.

Figura 2 – Tabela - Resultado do questionário

Item	Materiais	Quantidade	Preço R\$
1	Anel de aço (chapa 14), (600 mm diâmetro) por (150 mm de largura)	2	70,00
2	Anel de aço (chapa 14), (520 mm diâmetro) por (100 mm de largura)	2	45,00
3	Barra chata de aço	3	200,00
4	Motor	1	350,00
5	Parafusos	50	20,00
6	Mancal	1	200,00
7	Eixo	1	50,00
8	Metalon	3	100,00
9	Tela (malha fina)	1	100,00
10	Tela (malha grossa)	1	100,00
11	Transmissão	1	100,00
12	Roldana	6	150,00
13	Chapa de aço de 5 mm de espessura, 250 mm de largura, 750 mm comprimento.	1	50,00
14	Chapa de aço de 5 mm de espessura, 40 mm de largura e 600 mm de comprimento.	1	30,00
15	Custo de mão de obra (Serralheria)	1	145,00
16	Custo de mão de obra (equipe)	1	50,00
17	Margem de lucro (30%)	1	528,00
Total			2288,00

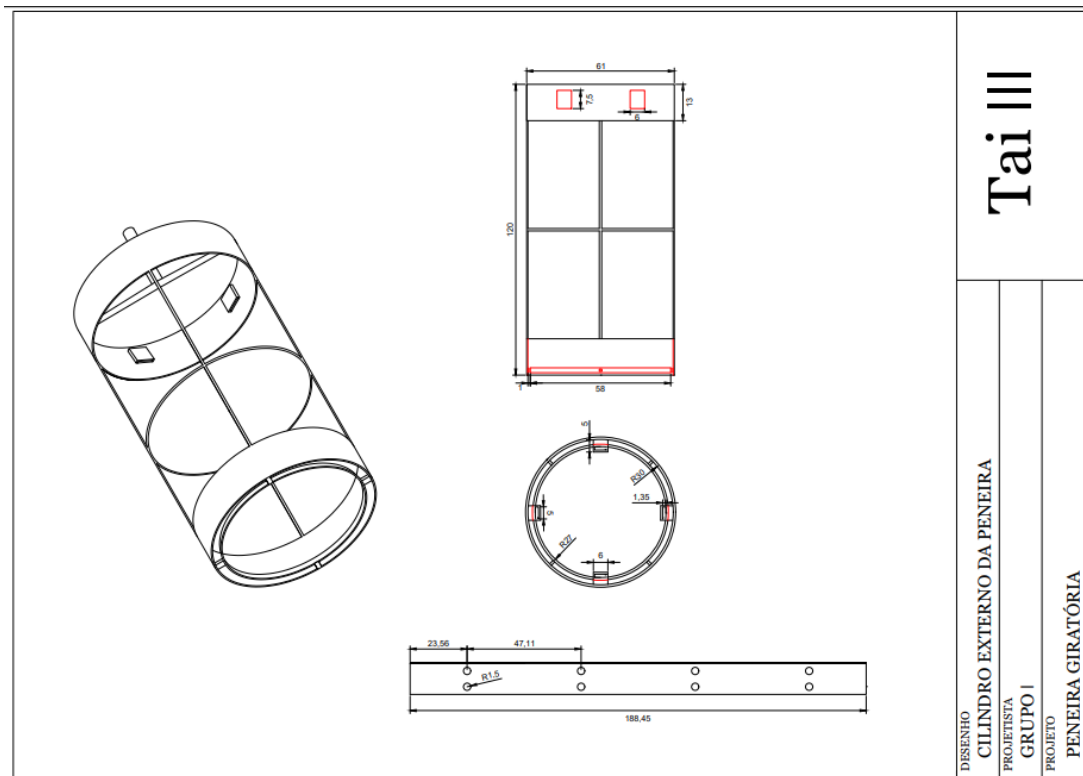
Fonte: Próprios autores

6 Apresentação dos Resultados

6.1 Dimensionamento dos crivadores

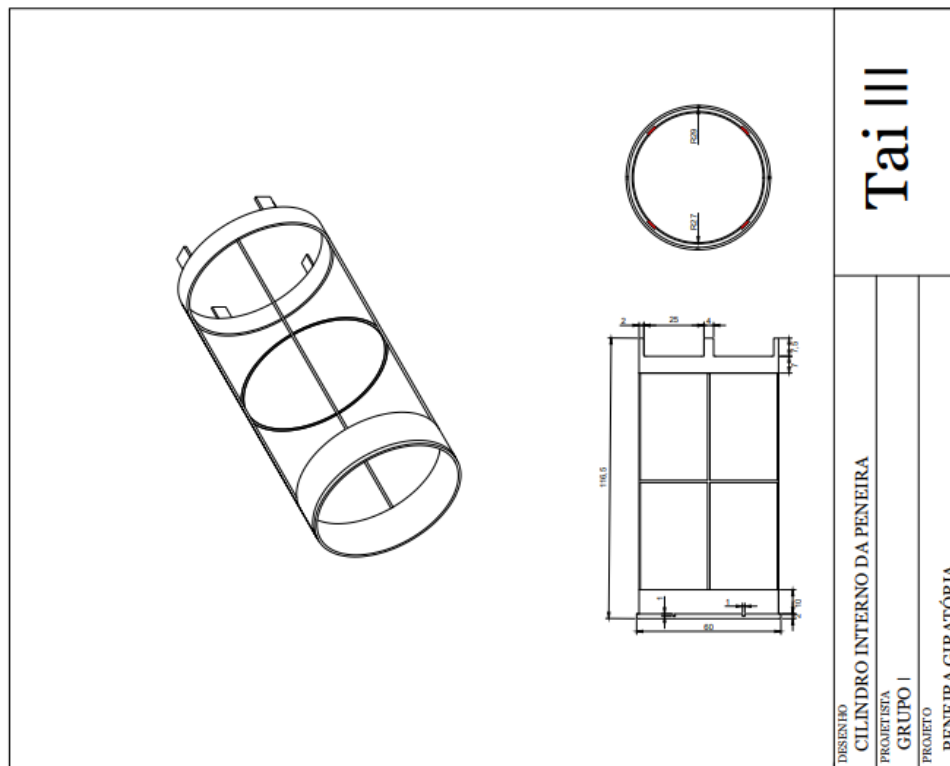
A equipe começou pelo dimensionamento do crivador principal ou seja o que ficará do lado de fora. A priori o dimensionamento do crivador começou por seu desenho técnico feito no Software AutoCad, os cálculos de equilíbrio estático dos esforços que os crivadores exercem na estrutura, dos momentos de inércia dos crivadores com a carga de areia, o tamanho mínimo que a estrutura de apoio dos crivadores poderá apresentar, o estudo das características da chapa de aço utilizada para a construção dos crivadores.

Figura 3 – Desenho - crivador externo



Fonte: Próprios autores

Figura 4 – Desenho - crivador interno



Fonte: Próprios autores

6.2 Análise estática da estrutura da Peneira Giratória

Saber as forças que estão sendo exercidas na estrutura é algo essencial para um projeto que está em construção, para definir o material que será utilizado, o dimensionamento é uma etapa essencial de um projeto de Engenharia Mecânica para que a estrutura e os crivadores permaneçam em equilíbrio.

Para se calcular as forças exercidas na estrutura foi necessário encontrar a massa do crivador e a massa do material a ser crivado, adotou-se a massa da areia molhada. Utilizou-se conceitos de Álgebra Linear do livro de (ANTON; RORRES, 2012), e de Estática do livro de (HIBBELER, 2006).

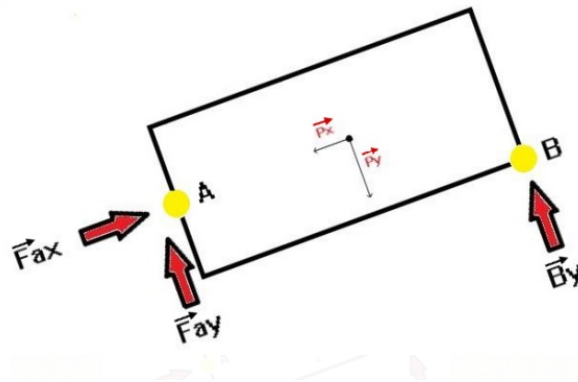
Para garantir que a estrutura esteja em equilíbrio estático é necessário que todas as forças se anulem.

Para facilitar os cálculos e a compreensão da aplicação, foram realizados dois DCL's (Diagramas de Corpo Livre), dividindo assim os cálculos em duas partes, o crivador e a estrutura.

A imagem abaixo apresenta o DCL do crivador, o qual tem uma angulação de 20° em relação à estrutura onde as forças \vec{F}_{ax} (reação do mancal aplicada no crivador) e \vec{F}_{ay} (reação da estrutura aplicada no crivador) são aplicadas no ponto A, e a força \vec{B}_y (reação

da estrutura aplicada no crivador) no ponto B.

Figura 5 – DCL(Diagrama de Corpo Livre) do crivador externo



Fonte: Próprios autores

Analisando a imagem, e seguindo a equação $\sum \vec{F} = 0$, chega-se as seguintes equações lineares:

$$\sum \vec{F}_x = F_{ax} - P_x \sin 20 = 0 \quad (3.1)$$

$$\sum \vec{F}_y = F_{ay} + B_y - P_y \cos 20 = 0 \quad (3.2)$$

$$B_y = \frac{P_y}{2} \quad (3.3)$$

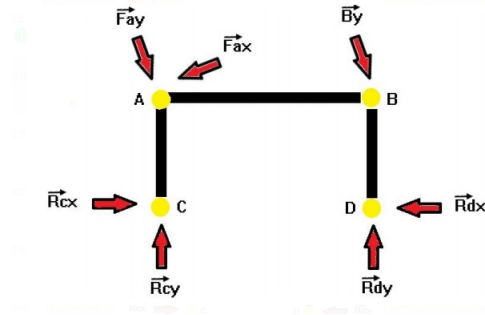
Agora criando a matriz temos:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -\sin 20 \\ 0 & 1 & 1 & -\cos 20 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{-\cos 20}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_{ax} \\ F_{ay} \\ B_y \\ P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1079 \end{bmatrix}$$

Obtendo as respostas de $F_{ax} = 369N$; $F_{ay} = 507N$; $B_y = 507N$ e $P = 1079N$.

Logo abaixo a imagem nos mostra o DCL da estrutura da Peneira Giratória, a qual apresenta quatro pontos A, B, C e D. No ponto A, estão aplicadas as forças F_{ay} (força realizada do crivador sobre o mancal) e F_{ax} (força realizada para frente do crivador devido a inclinação). No ponto B está aplicada a força B_y (força do crivador sobre as roldanas). Os pontos C e D apresentam as forças atuantes nos pés da estrutura, que faz com que a mesma se mantenha em equilíbrio, que são R_{cx} anulando R_{dx} , R_{cy} anulando F_{ay} e F_{ax} , e R_{dy} anulando B_y .

Figura 6 – DCL(Diagrama de Corpo Livre) da estrutura



Fonte: Próprios autores

Seguindo a equação $\sum \vec{F} = 0$, temos as seguintes equações que se somadas às anteriores, resultam em 0, deixando a estrutura em equilíbrio, e também o somatório de momento no ponto A:

$$\sum F_x = R_{cx} - R_{dx} + (F_{ay} \sin 20) - (F_{ax} \cos 20) + (B_y \sin 20) = 0 \quad (3.4)$$

$$\sum F_y = R_{cy} + R_{dy} - (F_{ay} \cos 20) - (F_{ax} \sin 20) - (B_y \cos 20) = 0 \quad (3.5)$$

$$\sum MA = (-R_{cx}h) + (R_{dx}h) - (R_{dy}d) + (\cos 20 B_y) = 0 \quad (3.6)$$

Obs: h=altura em metros entre os pontos C e A; 0,475 m; d= distância em metros entre os pontos C e D; 1 m.

Chegando-se a seguinte matriz:

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & \sin 20 & -\cos 20 & \sin 20 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -\cos 20 & -\sin 20 & -\cos 20 \\ -h & h & 0 & -d & 0 & 0 & \cos 20d \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R_{cx} \\ R_{dx} \\ R_{cy} \\ R_{dy} \\ F_{ay} \\ F_{ax} \\ B_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 507 \\ 369 \\ 507 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Atribuindo o valor de 0 para R_{cx} , foram obtidos os seguintes valores $R_{cx} = 0N$; $R_{dx} = 0N$; $R_{cy} = 603N$; $R_{dy} = 476N$; $F_{ay} = 507N$; $F_{ax} = 369N$; $B_y = 507N$. Os valores obtidos mostram exatamente a reação à força exercida pelo crivador sobre a estrutura, mantendo assim o equilíbrio.

6.3 Cálculo de Momento de Inércia dos crivadores

Para que se tenha uma noção de quanto é difícil proporcionar rotação a um corpo é utilizado o cálculo de momento de inércia do mesmo em relação a um eixo de simetria.

Para que se possa calcular o momento de inércia é necessário que se tenha a densidade do corpo. A densidade dos crivadores é dada pela equação (3.7).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 3.7$$

Logo deve ser ressaltado que os crivadores não são sólidos uniformes. Por isso para que fosse possível realizar o cálculo de momento de inércia foi adotado que os crivadores seriam como uma casca cilíndrica, com a mesma espessura do crivador externo e densidade igual a soma das densidades dos dois crivadores. Com a massa dos crivadores igual a 60 kg foi encontrada uma densidade de aproximadamente 5357 kg/m^3 .

Foi escolhido como o eixo de simetria o eixo x. Logo o momento de inércia dos crivadores é dada pela equação (3.8):

$$I_x = \int \int \int_E (y^2 + z^2) \rho(x, y, z) dV \quad 3.8$$

Para o cálculo do momento de inércia dos crivadores foi utilizado os conceitos de coordenadas cilíndricas (r, θ, x) , apresentadas no livro de (STEWART, 2013). Agora aplicando as coordenadas cilíndricas na equação 3.8 temos:

$$I_x = \int_{\theta_0}^{\theta_f} \int_{x_0}^{x_f} \int_{r_0}^{r_f} (r^2) \rho r dr dx d\theta \quad 3.9$$

Logo a região de integração E esta definida nos intervalos de (r, θ, x) onde x e r estão definidos na unidade de medida metro.

$$E = [(r, \theta, x) | 0,265 \leq r \leq 0,270; 0 \leq \theta \leq 2\pi; 0 \leq x \leq 1,2]$$

Depois de realizar a aplicação dos intervalos na equação 3.9 juntamente com a densidade dos crivadores, foi encontrado um valor para o momento de inércia de aproximadamente $3,87 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Todos os cálculos estão descritos no apêndice A.

6.4 Cálculo do tamanho mínimo da estrutura de suporte dos crivadores

Foi necessário calcular o tamanho mínimo que a estrutura que suporta os crivadores poderia apresentar. Para ser possível analisar se a estrutura permanecerá estável ou não.

Logo para realizar esse cálculo foi utilizado o centro de massa dos crivadores com a carga máxima de areia. Para encontrar o centro de massa serão utilizadas as equações 3.10 e 3.11.

$$CM_x = \frac{M_{C1} \cdot D_{C1x} + M_{C2} \cdot D_{C2x} + M_A \cdot D_{Ax}}{\sum Massas} \quad 3.10$$

$$CM_y = \frac{M_{C1} \cdot D_{C1y} + M_{C2} \cdot D_{C2y} + M_A \cdot D_{Ay}}{\sum Massas} \quad 3.11$$

Em que as variáveis para a equação 3.10 e 3.11 são:

- M_{C1} = massa do crivador externo = 34 kg;
- M_{C2} = massa do crivador interno = 26 kg;
- M_A = massa da areia = 50 kg;
- D_{C1x} = 0,6 m;
- D_{C1y} = 0,3 m;
- D_{C2x} = 0,6 m;
- D_{C2y} = 0,3 m;
- D_{Ax} = 0,6 m;
- D_{Ay} = 0,0427 m.

Onde M_C é a massa dos crivadores e D_C e D_A são as distâncias dos centros dos crivadores e do sólido geométrico formado pela areia. Aplicando os valores acima nas equações 3.10 e 3.11 temos que o centro de massa dos crivadores com a areia é (0,600;0,185) m. E que por simetria pode-se afirmar que os centroides dos crivadores são iguais.

Depois de encontrado o centro de massa, deve-se determinar a menor altura e o menor comprimento que a estrutura de apoio dos crivadores poderá apresentar levando em conta que a origem (0,0) está localizada na borda inferior do crivador. Para isso serão utilizadas as seguintes equações:

$$x' = \frac{P_C \cdot C_{Mx}}{Na} \quad 3.12$$

$$y' = \frac{P_C \cdot C_{My}}{Na} \quad 3.13$$

Em que P_C é a massa total dos crivadores e da areia vezes a aceleração da gravidade, após realizar a multiplicação chegou-se ao resultado de $1,08kN$. Já a força normal (N_a) é igual a força P_C .

Aplicando os valores do centro de massa e das forças P_C e N_a nas equações 3.12 e 3.13, chegou-se ao resultado para a altura mínima de 0,185 m, e um comprimento mínimo de 0,6 m. Com isso podemos inferir que a estrutura de suporte dos crivadores não poderá ter dimensões menores que as encontradas. Memorial de cálculos esta representado no apêndice B.

6.5 Estudo das propriedades da chapa de aço utilizada para a construção dos crivadores

As propriedades mecânicas dos materiais definem o comportamento do material quando sujeito a cargas externas, sua capacidade de resistir ou transmitir esforços sem fraturar ou deformar plasticamente.

Determinar os esforços externos que estão sendo exercidos na estrutura é algo essencial para um projeto que está em construção, para que se possa saber exatamente as forças que serão exercidas e ter uma noção do material que irá ser utilizado e como será utilizado é uma etapa essencial de um projeto de Engenharia Mecânica para que a estrutura permaneça em equilíbrio.

No caso dos crivadores que estão sujeitos a esforços de compressão que partem da estrutura e do mancal, e a estrutura que está sujeita a esforços que partem de forças contrárias as do crivador externo, do mancal e da inclinação do mesmo, existe a necessidade do conhecimento das propriedades do material, e a seleção correta dos mesmos para fins de resistência e equilíbrio conforme a utilização da peneira.

Com a utilização de pesquisas e com base no objetivo do projeto que busca um melhor custo-benefício, optou-se pela utilização do Aço 1020, pelo seu custo acessível ao projeto, sua fácil obtenção, sua boa resistência e excelente conformidade e soldabilidade.

Com base em pesquisas através de normas e propriedades esperadas para o Aço 1020, obteve-se propriedades mecânicas do material, com relação a sua densidade, elasticidade, resistência, dureza, escoamento e composição, propriedades que são de grande importância na construção do projeto visando sua segurança e melhor desempenho.

Características químicas e mecânicas da chapa de aço 1020 utilizada para a construção dos crivadores

- Aço 1020: classe 10 do aço com percentual médio de 0,20 % de carbono;

- Aço 1020 com base nas classificações e nas normas da SAE (Society of Automotive Engineers – EUA);

Figura 7 – Composição Química do Aço 1020

Elemento	Concentração (%)
Manganês (Mn)	0,30 a 0,60
Carbono (C)	0,18 a 0,23
Enxofre (S)	0,05 (máx)
Fósforo (P)	0,04 (máx)
Ferro (Fe)	0,08 a 0,48

Fonte: Próprios autores

Onde o mesmo tem as seguintes propriedades mecânicas:

- Densidade: $7,87g/cm^3$ ou $0,284lb/in^3$;
- Percentual de alongamento (base de medida de 50 mm): 15 %;
- Resistência a tração: 420 MPa ou 60900 psi;
- Modulo de elasticidade: 205 GPa ou 29700 ksi;
- Limite de escoamento: 250 Mpa ou 50800 psi;
- Dureza:

Figura 8 – Durezas da chapa de aço 1020

Brinell	Rockweell B	Vickers
121	68	126

Fonte: Próprios autores

O aço 1020 possui uma boa usinabilidade, e de fácil manipulação por qualquer método convencional pois possui uma liga bem dúctil. Pode ser soldado com qualquer processo tradicional com grande facilidade. Logo as normas que estão inclusas no aço 1020 são:

- ASTM A29;
- ASTM A36;
- ASTM A108;
- ASTM A510;

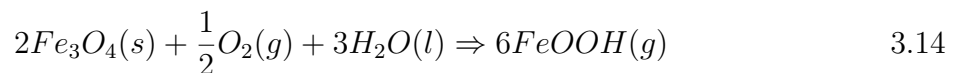
- ASTM A512;
- ASTM A513.

6.6 Estudo da oxidação nos materiais

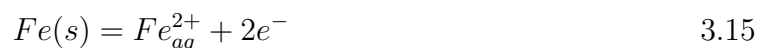
A indústria trabalha com alguns materiais com nomes específicos para definirem compostos múltiplos, nesse caso o metalon, que é basicamente aço-carbono comum, é um dos principais componentes do projeto.

Para estender a vida útil do material e do projeto em si, elaborou-se um estudo sobre a corrosão nos materiais. O principal fator para a corrosão é pelo meio de oxidação. A oxidação esta ligado ao enferrujamento, no qual sugere a perda de elétrons, a oxidação só acontece quando o elemento ocorre a perda de elétrons e seu numero oxidação (NOX) é aumentado.

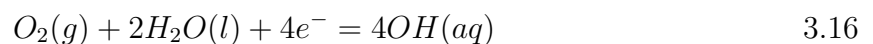
Dependendo do meio, a corrosão pode ser mais agressiva, o metal na presença de O_2 e H_2O pode formar uma camada porosa, denominada de ferrugem. Essa reação de água e oxigênio em um material de ferro, um dos componentes do aço-carbono pode descrita pela fórmula:



Processo de oxidação do ferro se da pela transferência de elétrons.



Redução do O_2 :



Que resulta na formação da ferrugem:



O primeiro processo temos a oxidação da ferro, em seguida a redução do oxigênio e por final a equação geral, com a ferrugem presente, descrita na ultima fórmula.

Solução para a oxidação do material

A solução encontrada para evitar a oxidação do material foi a utilização de um revestimento anticorrosivo que em sua essência impeça o contato do material ao oxigênio, tetróxido de chumbo (Pb_3O_4), mais conhecido como zarcão.

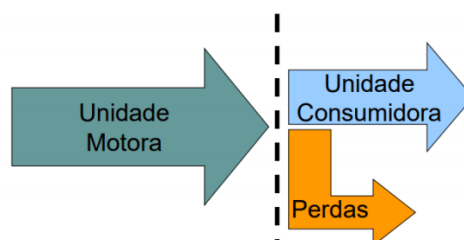
Zarcão é um pigmento de alaranjado, base de íons de chumbo, a atuação deste material para evitar corrosão, e a interação com o ácido azelaico, também presente em óleos vegetais, criando um sabão metálico, que em contato com a água ou O₂ podem criar uma camada, liberando o inibidor a corrosão, azalato de chumbo na superfície do metal, com características de baixa corrosividade e hidrófobo, não tendo afinidade com água em seu meio. Alguns elementos possuem resistência a se oxidarem como o chumbo, ouro e a platina. Na natureza tudo está em constante caminho, da maior energia para menor, estes metais possuem seu estado de baixa energia, por isso suas corrosões acontecem de forma mais lentas dos demais metais como o ferro, um elemento de maior energia.

Levando a crer que o material escolhido é ideal pela sua passivação no metal de base de ação oxidante, mesmo tendo diversos benefícios o uso do zarcão vem sendo bastante limitado, por ter uma alta toxicidade, por ser a base de chumbo, com o uso controlado e responsável a substância não é prejudicial aos seres vivos.

6.7 Definição e rendimento das transmissões mecânicas

As transmissões mecânicas realizam a transferência de torque e potência através do eixo do motor para outro eixo que no caso é o eixo presente no cilindro realizando rotação, onde ocorrem perdas geralmente por atrito e escorregamento, gerando calor e ruídos.

Figura 9 – Esquemática de rendimentos de uma transmissão



Fonte: (ANDRADE, 2017)

Existem vários meios para realizar a transmissão, e foram analisados o melhor custo-benefício visando a necessidade da peneira giratória para a escolha da transmissão adequada.

Mancais

Segundo (ESSEL, 2018) um mancal é um suporte de eixos e rolamentos que possibilita rotação de um corpo. O mancal a ser utilizado na Peneira Giratória é um mancal de rolamento no qual possui eixos e esferas. O mancal de rolamento possui uma eficiência em seu rendimento entre 98% a 99%.

Engrenagens

As engrenagens são elementos de máquinas, com formato de circular e que possuem dentes, seus rendimentos variam de acordo com o tipo. Em que as mais comuns são engrenagens fundidas e engrenagens usinadas.

A engrenagem usinada possui um rendimento de 96% a 98%, enquanto a engrenagem fundida possui um rendimento de 92% a 93%.

Dentre as vantagens das engrenagens é que elas atuam sem deslizamento ao transmitir o movimento desejado, ocupam pouco espaço, oferecem adaptabilidade na distância entre eixos e também uma longa vida útil. Mas também possuem suas desvantagens com por exemplo: o alto valor, complexidade em montar uma transmissão por engrenagens e a possibilidade de haver ruídos tornando-as inviáveis para o uso na Peneira Giratória.

Polias e Correias

Polias são elementos circulares, ligados a eixos que promovem rotação a um determinado corpo quando interligadas por correias. O rendimento destas transmissões se estabelece entre 95% e 98%.

As vantagens da transmissão feitas por polias e correias é que elas possuem um baixo custo, fácil manutenção e podem ser usadas por longas distâncias. Já a desvantagem é que os eixos devem se adaptar às correias que já são produzidas com um tamanho definido, e também existe a possibilidade de ocorrer escorregamento provocando a redução de desempenho da transmissão.

Realizando uma multiplicação entre os menores valores de rendimentos das transmissões à serem utilizadas na Peneira Giratória, concluiu-se que seu rendimento será de aproximadamente 93%, que analisando o custo-benefício é um valor satisfatório para o projeto.

Referências

- ANDRADE, A. S. de. *Elementos orgânicos de máquinas II at-102*. [S.l.]: Universidade Federal do Paraná, 2017. Citado na página 22.
- ANTON, H.; RORRES, C. *Álgebra Linear com aplicações*. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. Citado na página 14.
- ESSEL, E. *Manuais de rolamento I*. 1. ed. [s.n.], 2018. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/at102-aula07.pdf>>. Citado na página 22.
- HIBBELER, R. *Estática - Mecânica Para Engenharia*. 10. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2006. Citado na página 14.
- SHIGLEY, J.; MISCHKE, C. *Projeto de Engenharia Mecânica*. Bookman, 2005. ISBN 9788536305622. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=xZFaJHZfuTwC>>. Citado na página 10.
- STEWART, J. *Cálculo Volume 2*. [S.l.]: Cengage Learning., 2013. ISBN 97885221259. Citado na página 17.

Apêndices

APÊNDICE A – Memorial de Cálculo de Momento de Inércia

Para calcular o momento de inércia do cilindro será utilizada a equação 3.8, em coordenadas cilíndricas. Onde a região de integração é dada por $E = [(r, \theta, x) | 0,265 \leq r \leq 0,270; 0 \leq \theta \leq 2\pi; 0 \leq x \leq 1,2]$. Agora aplicando os limites de integração na equação 3.9 tem-se:

$$I_x = \int \int \int_E (y^2 + z^2) \rho(x, y, z) dV \implies I_x = \int_{\theta_0}^{\theta_f} \int_{x_0}^{x_f} \int_{r_0}^{r_f} (r^2) \rho r dr dx d\theta$$

$$I_x = \rho \int_0^{2\pi} \int_0^{1,2} \int_{0,265}^{0,270} (r^3) dr dx d\theta \implies I_x = 2,4\rho\pi \int_{0,265}^{0,270} (r^3) dr \implies I_x = 2,4\rho\pi \cdot \left. \frac{r^4}{4} \right|_{0,265}^{0,270}$$

$$I_x = \rho(7,22 \times 10^{-4}) \quad A$$

Onde ρ é dada pela razão entre a massa dos crivadores pelo volume dos mesmos. O volume que o material dos crivadores possui é cerca de $11,2 \times 10^{-3} m^3$ e a massa dos mesmos é de aproximadamente 60 kg.

$$\rho = \frac{m}{V} \implies \rho = \frac{60}{11 \times 10^{-3}} \implies \rho = 5357 kg/m^3$$

Após substituir o resultado para a densidade e os intervalos de E na equação A, chegou-se ao resultado de $I_x = 3,87 kg \cdot m^2$ para o momento de inércia dos crivadores.

APÊNDICE B – Memorial de Cálculo do tamanho mínimo da estrutura de suporte dos crivadores

Para calcular o tamanho mínimo da estrutura que suporta os crivadores, primeiro deve-se calcular o centro de massa com as equações 3.10 e 3.11.

$$CM_x = \frac{M_{C1} \cdot D_{C1x} + M_{C2} \cdot D_{C2x} + M_A \cdot D_{Ax}}{\sum Massas} \quad 3.10$$

$$CM_y = \frac{M_{C1} \cdot D_{C1y} + M_{C2} \cdot D_{C2y} + M_A \cdot D_{Ay}}{\sum Massas} \quad 3.11$$

Onde os respectivos valores para cada variável são:

- M_{C1} = massa do crivador externo = 34 kg;
- M_{C2} = massa do crivador interno = 26 kg;
- M_A = massa da areia = 50 kg;
- D_{C1x} = 0,6 m;
- D_{C1y} = 0,3 m;
- D_{C2x} = 0,6 m;
- D_{C2y} = 0,3 m;
- D_{Ax} = 0,6 m;
- D_{Ay} = 0,0427 m.

Em que D_{Ay} é definido pela coordenada y do centro de massa da areia CM_y mais a altura da areia. O centro de massa (y^*) da areia é dada pela seguinte equação:

$$CM_{y^*} = \frac{4 \cdot h}{3 \cdot \pi} \quad B_1$$

Agora substituindo o valor de 0,03 m de altura na equação B_1 tem-se:

$$CM_{y^*} = \frac{4 \cdot 0,03}{3 \cdot \pi} \implies CM_{y^*} = 0,0127m$$

Agora para determinar CM_y deve-se subtrair a coordenada y do centro de massa areia no valor da altura total da areia. Realizando a operação tem-se que CM_y é igual a 0,0173 m.

Para definir o D_{Ay} deve-se somar CM_y com a altura da areia no crivador, realizando a soma dos dois valores chegou-se ao valor de 0,0473 m.

Agora para encontrar o centro de massa dos crivadores serão utilizados os valores listados acima aplicados nas equações 3.10 e 3.11.

$$CM_x = \frac{34 \cdot 0,6 + 26 \cdot 0,6 + 50 \cdot 0,6}{110} = 0,6m$$

$$CM_y = \frac{34 \cdot 0,30 + 26 \cdot 0,30 + 50 \cdot 0,47267604}{110} = 0,185m$$

Onde o centro de massa dos crivadores é (0,600; 0,185)m.

Logo para se definir tamanho mínimo que o suporte dos crivadores poderá apresentar serão utilizadas as seguintes equações:

$$x' = \frac{P_c \cdot CM_x}{N_a} \quad 3.12$$

$$y' = \frac{P_c \cdot CM_y}{N_a} \quad 3.13$$

Em que \vec{P}_c é a força peso dos crivadores juntamente com o peso da areia, e \vec{N}_a é a reação da estrutura quando a força \vec{P}_c é aplicada na mesma. Com isso pode-se inferir que a força peso dos crivadores em modulo é igual a força normal. As forças \vec{P}_c e \vec{N}_a são dadas pelo seguinte somatório de forças em y :

$$\sum \vec{F}_y = 0 \implies (-P_c + N_a) = 0 \quad B_2$$

Multiplicando a massa total dos crivadores com o carregamento de areia pela aceleração da gravidade encontrou-se o resultado para \vec{P}_c de aproximadamente 1079 N, lembrado que a força \vec{N}_a tem o mesmo valor em modulo. Substituindo os valores nas equações 3.12 e 3.13 tem-se que:

$$x' = \frac{1079,1 \cdot 0,6}{1079,1} = 0,6m$$

$$y' = \frac{1079,1 \cdot 0,185}{1079,1} = 0,185m$$

Depois de aplicar os valores do centro de massa e das forças \vec{P}_c e \vec{N}_a nas equações 3.12 e 3.13, chegou-se ou resultado para a altura mínima de 0,185 m, e um comprimento mínimo de 0,6 m. Com isso podemos inferir que a estrutura de suporte dos crivadores não poderá ter dimensões menores que as encontradas para que permaneça estável.

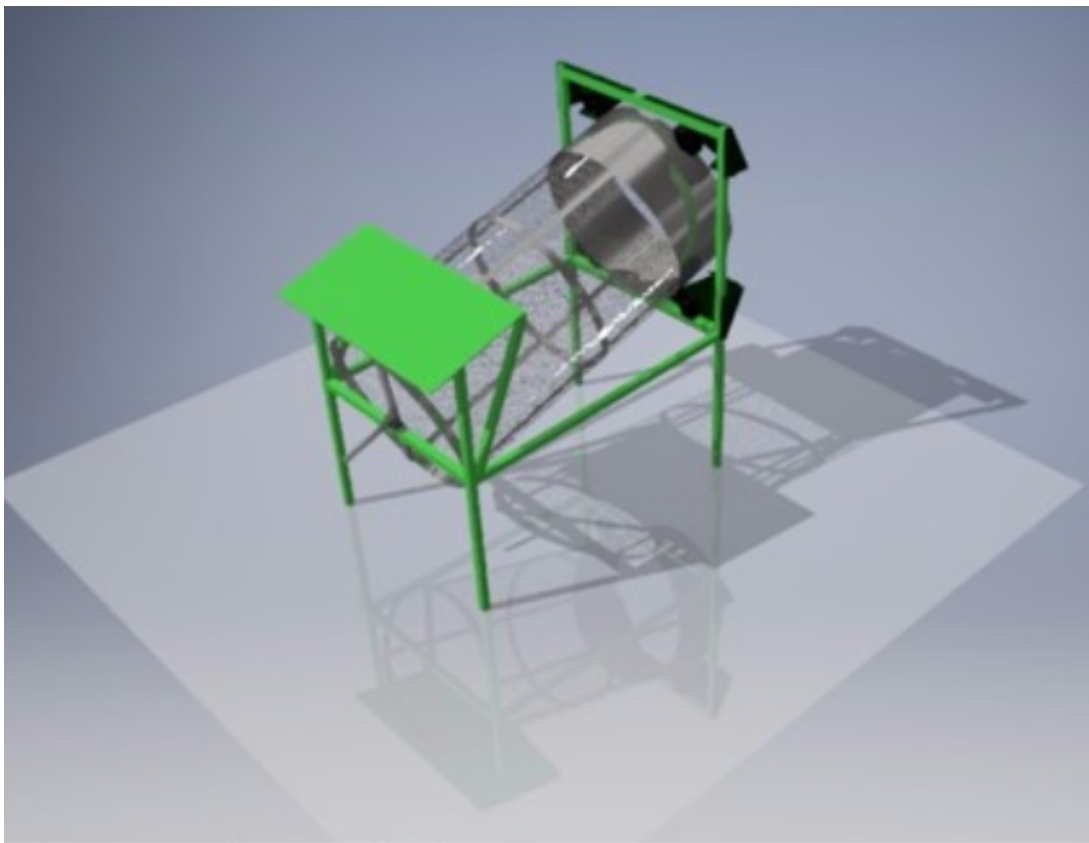
Anexos

ANEXO A – Resultados da conclusão da primeira etapa de construção do projeto da Peneira Giratória

Após a conclusão da primeira etapa do projeto da Peneira Giratória foi observado que obteve-se um elevado êxito com relação ao projeto teórico e também em sua construção parcial.

Abaixo será apresentado na figura 10 o projeto completo modelado no *Software Inventor* da AutoDesk, e também será exposto os resultados da primeira etapa de construção da Peneira Giratória na figura 11.

Figura 10 – Modelagem Tridimensional da Peneira Giratória



Fonte: Próprios autores

Figura 11 – Crivadores da Peneira Giratória



Fonte: Próprios autores