

N. CLASS.	M633.73
CUTTER	C 2891
ANO/EDIÇÃO	2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
RODRIGO MENEGUCI CARNEIRO

LAVADOR DE CAFÉ: estudo de caso, buscando melhorias no equipamento

Varginha

2015

RODRIGO MENEGUCI CARNEIRO

LAVADOR DE CAFÉ: estudo de caso, buscando melhorias no equipamento

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Mecânica sob orientação do Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira.

Varginha
2015

RODRIGO MENEGUCI CARNEIRO

LAVADOR DE CAFÉ: estudo de caso, buscando melhoria no equipamento

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora.

Aprovado em / /

Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram nesta caminhada em busca do conhecimento e da sabedoria. Aos meus colegas de trabalho que me depositaram responsabilidades e almejaram que eu alcançasse a plenitude.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por todo apoio dado ao decorrer do curso, aos meus colegas e professores que dividiram comigo experiências que levarei por toda minha vida profissional e pessoal.

“Ambição é o caminho para o sucesso.
Persistência é o veículo no qual se chega lá.”

Bill Eardley

RESUMO

Para se produzir café com alta qualidade não pode se esquecer ou diminuir a importância de nenhuma das operações desde a plantação até chegar ao consumidor. A lavagem do café é um dos procedimentos de beneficiamento do produto que pode e deve receber melhorias. Com isso, o objetivo deste trabalho foi buscar melhorias em um modelo de lavador da empresa VN Máquinas do município de Varginha, com o intuito de reduzir o custo final do equipamento, elevar o índice de vendas e aumentar o interesse dos pequenos produtores como consequência disso. Para isso, foram levantadas informações sobre o café e o todo o seu processamento, analisando cada etapa e evidenciando o objeto principal deste estudo, o lavador de café. Após a junção de todo referencial teórico, foram coletados dados específicos do modelo VN 80-2 a ser modificado, através de entrevistas e visitas a sede da empresa. Todos os dados obtidos foram analisados e sistematizados de forma a conceber as mudanças necessárias no protótipo. Uma nova correia fora dimensionada, cálculos de perda de potência, torque e rotação foram realizados, assim como a verificação de rotação entre as polias. Após execução do memorial de cálculo, foi possível dimensionar um novo modelo de lavador, o VN 90-S. Este que conseguiu atender as expectativas iniciais do projeto, através da redução de materiais em sua produção, aumento da eficiência conseguindo manter suas características e reduzindo o custo final do equipamento.

Palavras-chave: Processamento. Lavador de café. Melhorias.

ABSTRACT

To produce coffee with high quality can not forget or diminish the importance of any of the operations from planting to reach the consumer. The coffee washing is one of the processing procedures of the product that can and should receive improvements. Thus, the objective was to seek improvements in a washer model of the company VN machines of municipality of Varginha, in order to reduce the final cost of the equipment, raise the sales index and increase the interest of small farmers as a result . To this have been raised about coffee and all your processing, analyzing each stage and highlighting the main object of this study, the coffee washer. After the addition of all theoretical framework, we collected specific data model VN 80-2 to be modified, through interviews and visits to company headquarters. All data were analyzed and systematized in order to design the necessary changes in the prototype. A new scaled off belt, power loss calculations, torque and rotation were performed as well as scanning of rotation between the pulleys. Following completion of the memorial calculation, it was possible to scale a new model of washer, the VN 90-S. This failed to meet the expectations of the initial design through the reduction of materials in its production, increased efficiency and managed to keep its characteristics and reducing the final cost of the equipment.

Keywords: *Processing. Washer coffee. Improvements.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fluxograma do pré-processamento do café.....	16
Figura 02 – Lavador maravilha	17
Figura 03 – Lavador tipo basculante móvel	18
Figura 04 – Lavador mecânico	19
Figura 05 – Tamanho e distância entre centros das polias	22
Figura 06 – Lavador de café em 2D	29
Figura 07 – Lavador de café modelo VN-90-S	30
Figura 08 – Planta sugestão para lavador de café.....	32
Figura 09 – Posicionamento da tubulação de retorno.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Dados técnicos comparativos	28
Quadro 02 – Descrição do lavador VN-80-2.....	30
Quadro 03 – Descrição do lavador VN-90-S	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 O CAFÉ	13
2.1 Breve histórico do café	13
2.2 Aspectos econômicos	14
2.3 Processamento do café	14
2.3.1 Processamento por via úmida.....	15
2.3.2 Processamento por via seca.....	15
2.3.3 Os princípios de lavagem	16
2.3.4 Os princípios da separação	16
2.4 Lavadores de café	17
2.4.1 Lavador maravilha.....	17
2.4.2 Lavador basculante.....	18
2.4.3 Lavador mecânico.....	18
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 Tipo de pesquisa	20
3.2 Etapas do projeto.....	20
4 MEMORIAL DE CÁLCULO	22
4.1 Transmissão e rotação.....	22
4.1.1 Relação de transmissão do sistema e rotação do eixo da bica de jogo	23
4.1.2 Relação de transmissão entre o motor e a bomba e rotação na bomba	24
4.2 Cálculos das correias.....	24
4.2.1 Cálculo da correia que liga o motor a bica de jogo	24
4.2.2 Cálculo da correia que liga o motor a bomba.....	25
4.3 Potências úteis.....	25
4.3.1 Cálculo da potência no eixo da bica de jogo	26
4.3.2 Cálculo da potência na bomba.....	26
4.4 Torque nas polias.....	26
4.4.1 Torque na polia do motor	27
4.4.2 Torque na polia da bica de jogo	27
4.4.3 Torque na bomba.....	27
4.5 Compatibilizações dos cálculos	28
5 PROCESSO CONSTRUTIVO.....	29
5.1 Compatibilizações dos materiais	30
5.2 Exemplificação da máquina em campo	31
6 AJUSTES NO PROJETO.....	33

7 CONCLUSÃO.....34

REFERÊNCIAS35

1 INTRODUÇÃO

O café pelo seu valor real e volume, foi fator primordial na evolução da economia brasileira, mesmo passando por ciclos de prosperidade e declínio ao longo da história, ele é uma das principais fontes de lucratividade no mercado nacional e mantém-se sempre entre os produtos mais comercializados e em crescimento constante.

Para a produção de café com qualidade não se pode esquecer ou diminuir a importância de nenhuma das operações desde a plantação do fruto até a colocação do mesmo no mercado. A indústria de máquinas cafeeira vem buscando fontes de melhorias em seu processo, a fim de aperfeiçoar custos, minimizar desperdícios e aumentar a produtividade sem desfavorecer os pequenos produtores. A lavagem do café é uma entre as diversas etapas da produção que pode receber condições de melhoria, para o beneficiamento do produto.

A escolha do tema Lavador de Café deve-se a grande importância no processo de lavagem, onde teve como objetivo melhorar o custo benefício do café e aumentar o interesse dos pequenos produtores, elevando o índice de vendas e satisfação sobre o produto final. Tendo como foco o aumento da produtividade do lavador, levantando dados dos seus componentes como: bomba, polias, correias, dentre outros; para atingir pontos de melhoria atendendo as necessidades.

Tendo como objetivo: apresentar informações sobre o café e o processo de beneficiamento; apresentar os tipos de lavadores; analisar o processo de lavagem; levantar pontos de melhoria no equipamento da empresa VN Máquinas; efetuar a ação de melhoria, apresentando os resultados.

Através de cálculos e conceitos abordados, serão apresentadas modificações nos componentes da máquina, a fim de se obter, maior rendimento por método comparativo do antes e após troca de elementos interno do equipamento.

O presente trabalho está estruturado em sete capítulos, sendo que o primeiro é composto por essa introdução. O segundo capítulo apresentará uma pequena introdução sobre a história do café e sua importância econômica, tanto quanto os lavadores de café e o processo de lavagem. Já o terceiro capítulo é desenvolvido a metodologia utilizada no trabalho, falando das ações tomadas. Dentro do quarto capítulo, são apresentados o memorial de cálculo da melhoria realizada comparando os resultados. No quinto capítulo, abordar-se o processo construtivo do protótipo. Para finalizar, tem-se o sexto com os ajustes finais e o sétimo capítulo, onde constam as considerações finais, proporcionando o fechamento deste trabalho. Após o sétimo capítulo está descrito todo o referencial bibliográfico.

2 O CAFÉ

2.1 Breve histórico do café

Como cita Barth (2008) não há comprovação histórica, mas acredita-se que o café é uma planta originária da Etiópia, área central da África. Este dado não possui comprovação, mas a Arábia foi quem difundiu a cultura do café e utilizava o nome gahwa, cujo significado é vinho. Com isso, quando chegou à Europa no século XIV, o café passou a ser chamado de vinho da Arábia.

O café era gostoso mesmo e a sementinha vermelha vinha com outros atrativos: era exótica como as drogas do Oriente, como se fosse uma especiaria, o que acabava por torná-la uma bebida rara, encontrada em poucas mesas, chique, cobiçada e, finalmente, muito apreciada. Era o licor do Oriente. Em breve seria o licor dos trópicos. (MARTINS, 1990, p. 4).

Um fato curioso a cerca da história do café, segundo Pascoal (1999, p.3 apud BARTH, 2008) foi que em 1945 foi criada uma lei onde era permitido o divórcio a mulher, caso o marido fosse incapaz de lhe proporcionar uma quantidade diária da bebida.

Ainda segundo Barth (2008), os árabes tinham monopólio sobre o cultivo e a preparação da bebida. Esta que não tinha características como vimos hoje, a semente era fervida e degustada como se fosse um chá.

"Apesar das excelentes qualidades atribuídas à fruta exótica do Oriente, não foi fácil a aceitação do café nos centros civilizados europeus no século XVI." (MARTINS, 1990, p. 3).

Barth (2008) diz que na Pérsia, em meados do século XVI, os primeiros grãos de café passaram a ser torrados e então, transformados na bebida que hoje conhecemos.

Segundo diz a Associação Brasileira de Café (ABIC, 2009), o café chegou a Europa levado por viajantes que realizavam frequentes viagens ao oriente, foi a partir de 1695 que os europeus começaram a saborear o café. Até então, somente os árabes produziam. Enquanto isso, alemães, italianos e franceses procuravam meios de desenvolver o plantio desta cultura que era exclusividade árabe.

Os holandeses foram os primeiros europeus a iniciarem o plantio do café em suas terras. Seguidos pelos franceses, que deram início ao cultivo através de um pé de café, doado pelo burgomestre de Amsterdã (ABIC, 2009).

Logo após as experiências de sucesso de Holanda e França, o cultivo do café foi se espalhando pela Europa, expandindo para países africanos. Através de colonizadores

européus, o café chegou a diversas localidades, inclusive o Brasil, conforme diz a ABIC (2009).

No Brasil, o café chegou por intermédio da Guiana Francesa, no norte do país. Mais precisamente em Belém no ano de 1727. Devido às condições climáticas favoráveis, rapidamente o café se espalhou para as demais regiões. E em um curto espaço de tempo, o café tornou-se base da economia brasileira (ABIC, 2009).

2.2 Aspectos econômicos

De acordo com Fernandes (2011) o café é um dos produtos de maior importância econômica para o Brasil. O país é o maior produtor e exportador mundial do produto e é o segundo maior consumidor e sua qualidade vem sendo reconhecida mundialmente.

Segundo pesquisa realizada pela ABIC (Associação Brasileira da Indústria de Café) em parceria com o Consórcio Pesquisa e Café, realizada entre novembro de 2013 e outubro de 2014, em terras brasileiras o cafezinho é a segunda bebida mais consumida, ficando atrás apenas da água. A bebida está presente em 98% dos lares brasileiros. E a tendência é que este consumo aumente cada vez mais, não só no Brasil, mas em todo o mundo.

De acordo com informações do Ministério da Agricultura (2015), o setor cafeeiro é responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos no país, proporcionando renda e um maior acesso à saúde e a educação para aos trabalhadores e suas famílias. Além de ser o principal gerador de trabalhos no país, o café tem sido fonte imprescindível de receita em centenas de cidades em todo o Brasil.

Ainda segundo o Ministério da Agricultura (2015), no ano de 2014 a safra cafeeira alcançou 45,34 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado, em 15 estados, tendo destaque Minas Gerais, responsável por 49,33% de toda a produção nacional, seguido pelos estados do Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná. Já em exportações, o café representou 6,9%, com 36,73 milhões de sacas de 60 Kg, gerando uma receita de US\$ 6,66 bilhões, ocupando a 5ª posição no ranking de exportações do agronegócio brasileiro.

2.3 Processamento do café

O café para ser lançado ao mercado, com adequadas características para consumo, conservação e transporte, ele passa por variadas operações que visam separar o produto que

de fato será comercializado, das partes que não são aproveitadas, como também retirar todas as impurezas e defeitos (SANTOS, 2005).

Os conjuntos de operações iniciais do café, que visam separar os grãos das camadas externas, que vai da chegada do produto no terreiro ou no lavador e vai até o beneficiamento, dá-se o nome de processamento do café. E estes processos de preparo do café podem ser executados por via seca ou por via úmida (REIS et al, 2011).

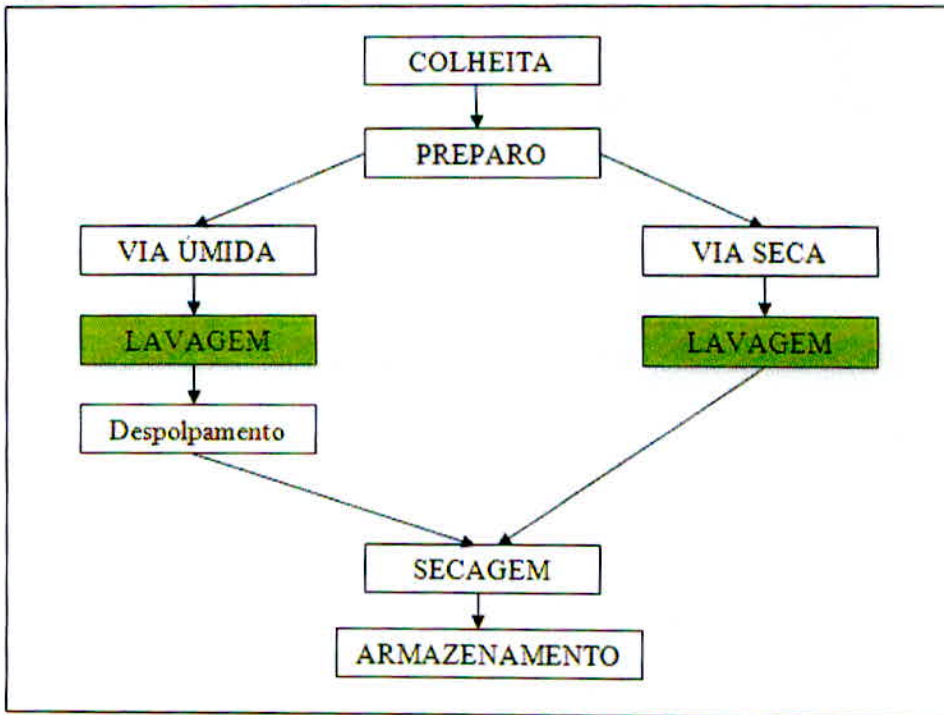
2.3.1 Processamento por via úmida

Processo que tem a fase de fermentação seguido da lavagem, com a eliminação da mucilagem, dando origem ao café despulpado, apresentando melhor classificação quanto ao tipo e bebida. Este tipo de preparo requer uma menor área de terreiro, já que há a diminuição de volume para secagem. Neste processo há também a melhoria da qualidade do café, porém exigem grandes investimentos em infraestrutura, aumento da mão de obra e elevados custos operacionais (HALAL, 2008).

2.3.2 Processamento por via seca

Neste processo o café sai direto da lavoura e é secado ao natural, ainda com casca, em terreiros ou secadores mecânicos. Antes de ir para a secagem, o produto passa por lavador ou separador, fazendo a limpeza e separação dos frutos. Com isso, além de melhorar a classificação e tipo do produto, este procedimento propicia uma secagem mais uniforme (HALAL, 2008).

Figura 01 - Fluxograma do pré-processamento do café



Fonte: o autor.

2.3.3 Os princípios de lavagem

Mesmo com a retirada de impurezas como paus, pedras, terra e folhas, no processo de abanação, para a produção de um café de alta qualidade é preciso passar o café por um lavador para a retirada de materiais aderidos ao fruto e para que possam separar os frutos maduros dos frutos boias e outros materiais que possam conter (SILVA et al, 2014).

O mel impregnado na casca dos frutos maduros de café é uma barreira para a perda de água nos estágios iniciais da secagem em terreiros. Os açúcares contidos neste mel são ótimo meio de cultura para microrganismos. A água de lavagem acrescida de um desinfetante (hipoclorito de sódio ou água sanitária) remove o mel da casca e inibe as fermentações externas indesejáveis (ALMANAQUE DO CAFEICULTOR, 2005).

2.3.4 Os princípios da separação

Por diferença de densidade, os frutos de café são separados quando colocados em água, daí resultando duas frações: os boias (frutos leves) mais as cerejas sadias (pesadas). A proporção de verdes misturados às cerejas irá depender da uniformidade de maturação da lavoura e do tipo de colheita empregado. Nem mesmo a colheita seletiva (catação) dispensa a lavagem com separação (ALMANAQUE DO CAFEICULTOR, 2005).

2.4 Lavadores de café

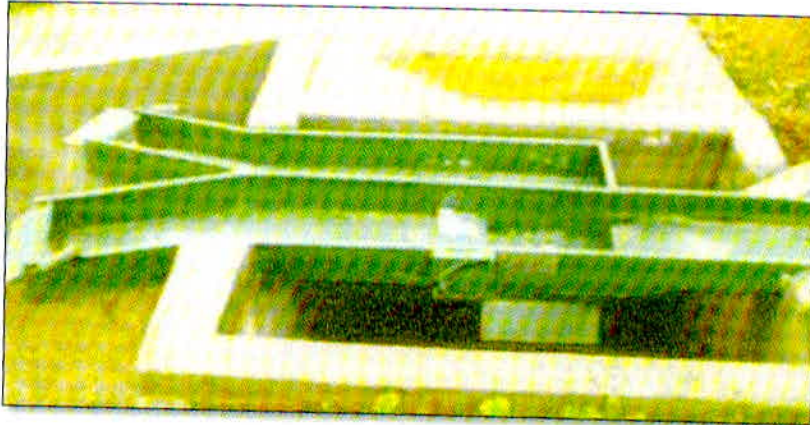
Segundo Reis et al, (2011) os lavadores podem ser construídos de alvenaria ou metal, conhecidos como lavador maravilha ou lavadores mecânicos que são os lavadores industrializados.

2.4.1 Lavador maravilha

Lavador simples e rudimentar, este tipo de equipamento consiste em um tanque feito de alvenaria junto a uma calha metálica ou de madeira. Todo o material leve (de menor densidade) composto por cereja, verdoengos e impurezas pesadas cai sobre um fundo falso. Além disso, o lavador maravilha contém um injetor de água de pressão controlada, com a função de separar os cafés pesados das impurezas e levar o café cereja para a calha pertinente (SILVA et al, 2014).

A grande vantagem deste projeto é sua capacidade de separação, que pode chegar a um rendimento de 1200 litros de café por hora, dependendo da disponibilidade de água. A desvantagem deste tipo de lavador é o grande consumo de água que se deve a grande quantidade utilizada no transporte e na bica de separação do café. Dependendo das condições necessárias de projeto e das impurezas que possam conter no fruto, pode-se utilizar até dez litros de água para cada litro de café lavado (REIS et al, 2014). Abaixo lavador maravilha:

Figura 02 - Lavador maravilha



Fonte: (POLIDRYER, 2015).

2.4.2 Lavador basculante

Constituído de dois depósitos este tipo de lavador é ideal para pequenas produções.

Lavador simples em que o depósito de água pode ser constituído de chapa metálica ou alvenaria. Em chapa metálica pode ser fixado sobre rodas, tornando o equipamento portátil e em alvenaria torna-o fixo. O primeiro depósito tem a função de reter a água da lavagem, enquanto o segundo é constituído de chapa perfurada, do tipo basculante e fica por conta da retenção do café de maior densidade (SILVA et al, 2014).

A facilidade de transporte é a grande vantagem deste tipo de lavador (REIS et al, 2011).

A imagem a seguir, demonstra um exemplo de lavador tipo basculante:

Figura 03 - Lavador tipo basculante móvel



Fonte: (EMBRAPA, 2015).

2.4.3 Lavador mecânico

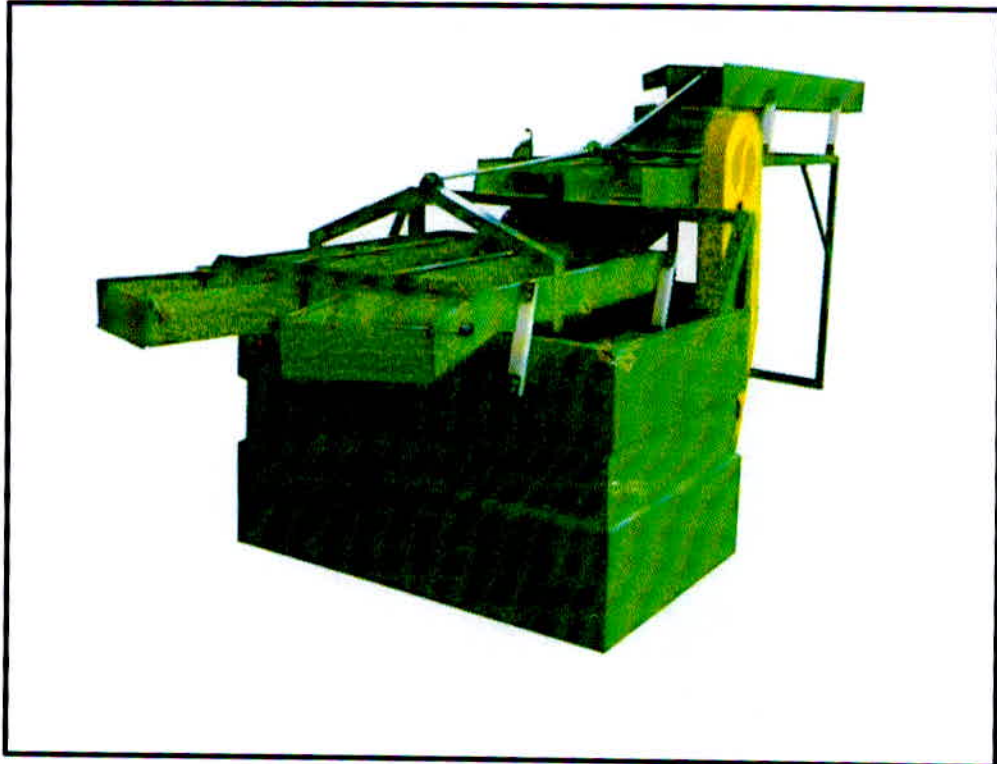
Este tipo de lavador é um sistema mecânico de movimentação e recirculação da água, compostos de duas saídas frontais e uma lateral. Construídos de chapa metálica, são feitos por

duas caixas associadas ao fundo. A vantagem que este equipamento apresenta é o baixo consumo de água que gira em torno de 300 ml a 1 litro de água por litro de café produzido. (REIS et al, 2011).

O café a ser processado, passa primeiramente por uma bica de jogo (opcional) que executa a pré-limpeza, eliminando impurezas maiores e menores que os grãos de café. Após a pré-limpeza, o café segue para o lavador, entra na caixa separadora, que opera por flutuação em água, separando por densidade. Os cafés e pedras saem separados e lavados pelas saídas distintas na frente da máquina. O sistema vibratório das bicas de saída proporciona a drenagem total da água, e com isso baixo consumo de água no processamento. (PALINI; ALVES, 2013, p. 1).

A figura abaixo ilustra um modelo do lavador mecânico:

Figura 04 - Lavador mecânico



Fonte: (SUPREMA MÁQUINAS, 2015).

Sendo este o modelo principal de estudo do trabalho e utilizado em grande proporção até hoje no mercado cafeeicultor.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa é do tipo bibliográfica, exploratória e estudo de caso.

De acordo com Vergara (1998, p. 46), esta pesquisa é considerada bibliográfica porque é “um estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas.” Ainda de acordo com Vergara (1998, p. 45), trata-se também de uma investigação exploratória porque “é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado.”.

Por fim, Gil (1996, p. 58) diz que “estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado.”.

3.2 Etapas do projeto

Este trabalho partiu da intenção inicial de realizar melhorias no lavador de café modelo VN-80-2 da empresa VN Máquinas de Varginha MG, a fim de reduzir custos de fabricação, aumentar a eficiência do equipamento, diminuir o valor do produto final atendendo assim, as expectativas dos pequenos produtores.

A partir do pressuposto, o próximo passo foi realizar uma pesquisa bibliográfica bem apurada, a fim de entender a importância do café, como também todo o processamento desde a colheita até a lavagem do café, que é o tema principal deste estudo.

Com toda a base teórica em mãos, começou-se a coleta de dados a fim de obter informações iniciais do projeto como: diâmetro das polias, distância entre centros, potência e rotação do motor. Os dados foram coletados a partir de entrevistas realizadas com funcionários da empresa em visitas à sede da VN Máquinas, no município de Varginha. Os dados que não foram coletados nas entrevistas foram obtidos através de catálogos específicos do lavador disponibilizados pela entidade em questão.

A próxima etapa foi analisar todos os dados obtidos e verificar todas as melhorias que podiam ser executadas visando o objetivo deste estudo. Com isso adotou-se a seguinte sequência:

a) Dimensionamento da correia;

- b) Cálculo da perda de potência;
- c) Cálculo de torque;
- d) Relação de transmissão entre as polias;
- e) Cálculo de rotação.

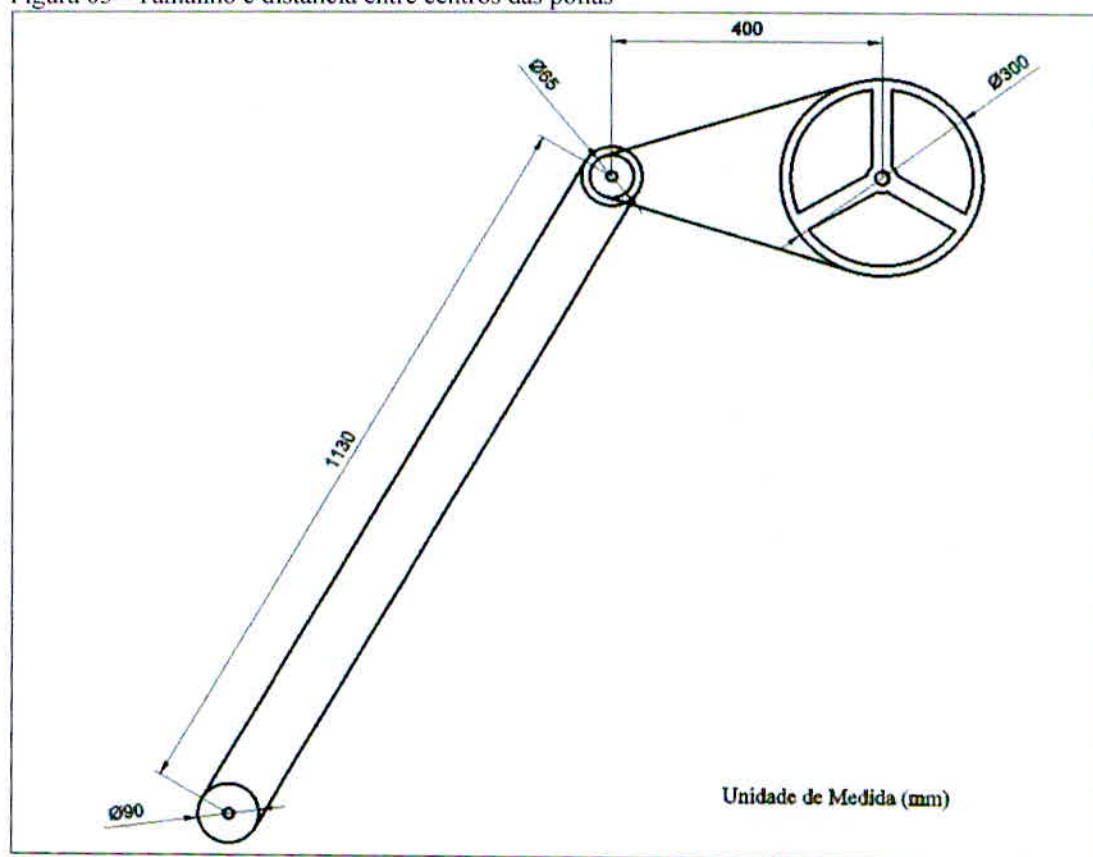
4 MEMORIAL DE CÁLCULO DA MÁQUINA

Tendo em vista a redução de custo na máquina, mudando sua estrutura, é necessário executar cálculos referentes aos componentes da máquina, como especificação das polias, rotação dos elementos, dimensionamento e cálculos de correias, especificações de mancais e rolamentos, entre outros.

Para redimensionar os componentes da máquina, os cálculos são fundamentais para que se tenha uma precisão na confecção e acoplamento na estrutura, para que se possa realizar os testes futuros, análise de eficiência e possíveis quebras.

Partindo dos dados iniciais de projeto, conforme a figura 05, podemos iniciar todo memorial de cálculo para projetar o protótipo de melhoria.

Figura 05 - Tamanho e distância entre centros das polias



Fonte: o autor.

4.1 Transmissão e rotação

Os cálculos de relação de transmissão (i) e da rotação (n) são de fundamentais importâncias para a determinação de vários elementos que serão acoplados na máquina,

portanto são apresentados cálculos referentes a alguns elementos utilizados no projeto. Lembrando que todos os cálculos são teóricos.

4.1.1 Relação de transmissão do sistema e rotação do eixo da bica de jogo

A função da bica de jogo é encaminhar o café que já foi separado na bica de separação, retirando o excesso da água e finalizando o processo de separação na lavagem.

Definida no projeto, a rotação do motor de 1740 rpm, que é acoplado as polias e transmitindo rotação para o eixo da bica de jogo.

Sabendo que os diâmetros das polias são:

$$D = 300 \text{ mm}$$

$$d = 65 \text{ mm}$$

Pode através destes dados, calcular a relação de transmissão do sistema.

Utilizando os valores do diâmetro das polias, aplicados na equação (1) determina-se a relação de transmissão (i) dos elementos (MELCONIAN, 2009):

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (1)$$

A relação de transmissão entre as polias é dada por:

$$i_1 = \frac{300}{65}$$

Onde a relação de transmissão (i_1) é de 4,61.

Utilizando o valor de (i) calculado é possível calcular a rotação do eixo da bica de jogo:

$$4,61 = \frac{1740}{n_2}$$

Onde a rotação no eixo da bica de jogo (n_2) é de 377,44 rpm.

4.1.2 Relação de transmissão entre o motor e a bomba e rotação na bomba

Sabendo que os diâmetros das polias são:

$$D = 90 \text{ mm}$$

$$d = 90 \text{ mm}$$

A relação de transmissão entre as polias é dada por:

$$i_2 = \frac{90}{90}$$

Onde a relação de transmissão (i_2) é de 1.

Portanto, calculando a rotação da bomba:

$$1 = \frac{1740}{n_2}$$

Onde a rotação na bomba (n_2) é de 1740 rpm.

4.2 Cálculos das Correias

Para predeterminar o tipo de correia utilizada no projeto, determinamos o comprimento da correia (l) conforme a equação (2), (MELCONIAN, 2009):

$$l = 2 \cdot C + 1,57 (D + d) + \frac{(D-d)^2}{4 \cdot C} \text{ (mm)} \quad (2)$$

4.2.1 Cálculo da correia que liga o motor a bica de jogo

- A distância entre centros (C) = 400 mm;
- Diâmetro maior (D) = 300 mm;
- Diâmetro menor (d) = 65 mm.

De acordo com os esforços exigidos pelos componentes pode ser determinado o uso de correias perfil A, o próximo passo é o cálculo do comprimento da correia (l), de acordo com a equação (2):

$$l = 2 \times 400 + 1,57 \times (300 + 65) + \frac{(300 - 65)^2}{4 \times 400}$$

Portanto o comprimento da correia (l) é de 1407 mm.

Tendo com referência padronizada, a correia A-54.

Sendo necessário o uso apenas de uma correia, de acordo com os esforços determinados.

4.2.2 Cálculo da correia que liga o motor a bomba

- A distância entre centros (C) = 1130 mm;
- Diâmetro maior (D) = 90 mm;
- Diâmetro menor (d) = 90 mm.

De acordo com os esforços exigidos pelos componentes pode ser determinado o uso de correias perfil A, o próximo passo é o cálculo do comprimento da correia (l), de acordo com a equação (2):

$$l = 2 \times 1130 + 1,57 \times (90 + 90) + \frac{(90 - 90)^2}{4 \times 1130}$$

Portanto o comprimento da correia (l) é de 2542 mm.

Tendo com referência padronizada, a correia A-98.

Sendo necessário o uso de duas correias em paralelo, de acordo com os esforços calculados.

4.3 Potências úteis

Sabendo que a potência gerada pelo motor é de 3 cv, ou seja, 2,20 kW.

Utilizamos a equação (3), para calcular as perdas de potência nos eixos (MELCONIAN, 2009):

$$P_u = P_{\text{motor}} \cdot n_c \cdot n_m \quad (3)$$

Onde os rendimentos são:

- $n_c = 0,97$ (transmissão por correias)
- $n_m = 0,99$ (par de mancais)

4.3.1 Cálculo da potência no eixo da bica de jogo

Para calcular a potência que chega na bica de jogo, foi considerado um par de mancais e a transmissão por uma correia, de acordo com a equação (3) obteve seguinte resultado:

$$P_{u_1} = 2206,5 \cdot 0,97 \cdot 0,99$$

Obtendo uma potência (P_{u_1}) de 2118,9 W.

4.3.2 Cálculo da potência na bomba

Para calcular a potência que chega à bomba do equipamento, foi considerado um par de mancais e a transmissão por um par de correias em paralelo, de acordo com a equação (3) obteve seguinte resultado:

$$P_{u_2} = 2206,5 \cdot 0,97 \cdot 0,97 \cdot 0,99$$

Obtendo uma potência (P_{u_2}) de 2055,33 W.

4.4 Torque nas polias

Sabendo que a potência gerada pelo motor foi de 2206,5 W.

Podemos calcular o torque gerado nas polias, através da equação (4), (MELCONIAN, 2009):

$$M_T = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n} \text{ (N.m)} \quad (4)$$

4.4.1 Torque na polia do motor

Através da rotação do motor e da potência gerada, foi calculado o torque (M_{T_1}) conforme a equação (4):

$$M_{T_1} = \frac{30 \times 2206,5}{\pi \cdot 1740}$$

Portanto o torque na polia do motor (M_{T_1}) foi de 12,11 N.m.

4.4.2 Torque na polia da bica de jogo

Através da rotação calculada no eixo da bica de jogo e da perda de potência gerada, foi calculado o torque (M_{T_2}) conforme a equação (4):

$$M_{T_2} = \frac{30 \times 2118,9}{\pi \cdot 377,44}$$

Portanto o torque na polia da bica de jogo (M_{T_2}) foi de 53,61 N.m.

4.4.3 Torque na bomba

Através da rotação calculada na bomba e da perda de potência gerada, foi calculado o torque (M_{T_3}) conforme a equação (4):

$$M_{T_3} = \frac{30 \times 2055,33}{\pi \cdot 1740}$$

Portanto o torque na bomba (M_{T_3}) foi de 11,27 N.m.

4.5 Compatibilizações dos cálculos

Através dos dados apresentados, é possível evidenciar melhor o memorial de cálculos, fazendo um comparativo antes e depois o processo de melhoria na parte funcional do equipamento.

Quadro 1 – Dados técnicos comparativos.

LAVADOR DE CAFÉ				
Dados Técnicos	MODELOS	VN-80-2	VN-90-S	
	Potencia	Motor	1471 W	2206,5 W
		Bica de jogo	1412,6 W	2118,9 W
		Bomba	1370,22 W	2055,33 W
	Torque	Motor	8,07 N.m	12,11 N.m
		Eixo da Bica de Jogo	35,74 N.m	53,61 N.m
		Bomba	8,77 N.m	11,27 N.m
	Relação de Transmissão	Motor x Bica	4,61	4,61
		Motor x Bomba	1,16	1
	Rotação	Motor	1740 rpm	1740 rpm
Motor x Bica		377,44 rpm	377,44 rpm	
Motor x Bomba		1491 rpm	1740 rpm	
Comprimento da Correia	Motor x Bica	1407 mm	1407 mm	
	Motor x Bomba	2464 mm	2542 mm	

Fonte: o autor.

Contudo, pode-se tirar como conclusão que houve aumento da potência no equipamento, pois o motor passou de 2 cv para 3 cv, consecutivamente aumentou o torque que chega na bica de jogo e na bomba, pois com a mudança no equipamento que antes eram duas máquinas, passou a ser uma fazendo a mesma função, necessitando um torque maior, principalmente na bica de jogo. A alteração do comprimento da correia se deve pelo fato do redimensionamento em cima das alterações no diâmetro das polias, que faziam a ligação com a bomba, mudando também a rotação que chega à bomba.

5 PROCESSO CONSTRUTIVO

O processo de fabricação do novo modelo inicia-se com o objetivo de reduzir o equipamento em apenas um, realizando a função de lavagem e separação por densidade em apenas uma bica de jogo. Tendo como início do projeto o orçamento dos materiais, procurando fornecedores que atendam as necessidades do projeto com a melhor qualidade possível.

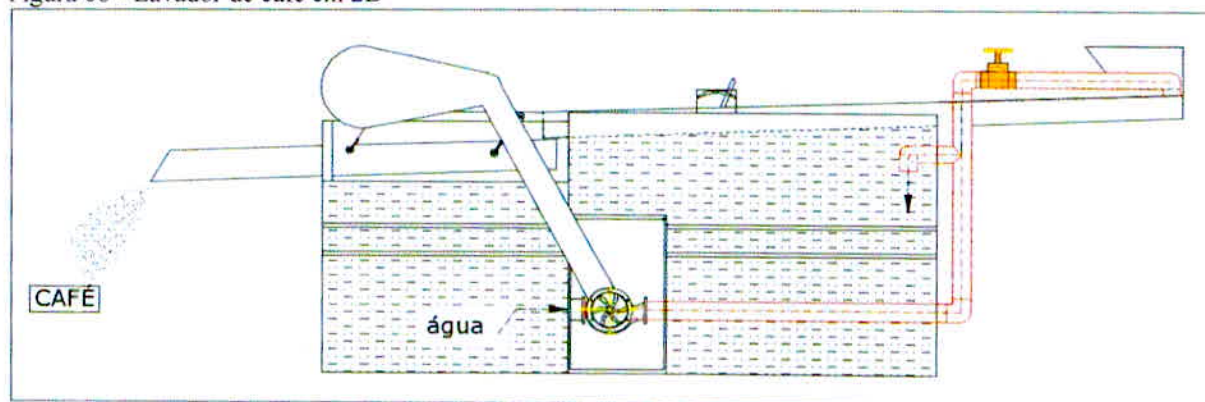
Próximo passo consta de traçar as chapas nas dimensões adequadas para corte e dobramento. Tendo como procedência a montagem da caixa com a estrutura da bica de jogo, soldando totalmente a caixa.

Para testar o protótipo, realiza a montagem da bomba, motor, encanamentos e a bica de separação, realizando o acabamento geral. Posteriormente é realizado um teste hidrostático para verificar possíveis avarias, vazamentos e dentre outros fatores que possam a vir a comprometer o projeto.

Após todos esses procedimentos, o equipamento é desmontado para pintura; tornando a ser montado para comercialização.

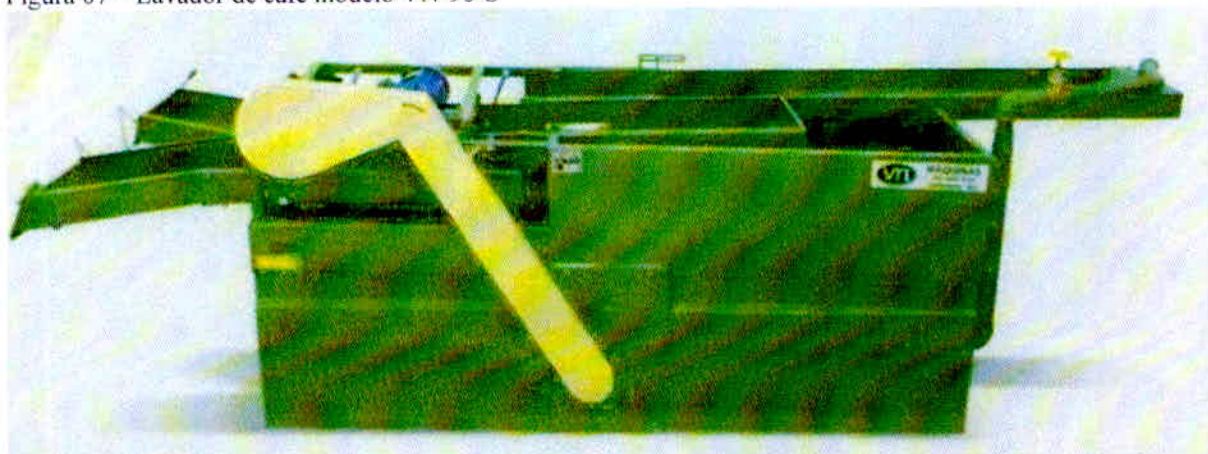
Abaixo as imagens do lavador de café desenvolvido, demonstram o equipamento em 2D desenhado no AutoCAD e o produto acabado após a pintura e montagem:

Figura 06 - Lavador de café em 2D



Fonte: o autor.

Figura 07 – Lavador de café modelo VN-90-S



Fonte: (VN MÁQUINAS, [2014]).

Podendo através da figura 06, analisar o local onde fica alojada a bomba no equipamento e através da figura 07, verificar o protótipo final de construção da melhoria na máquina.

5.1 Compatibilizações dos materiais

Através dos materiais e mão de obra utilizada na fabricação da máquina, foi desenvolvida uma tabela comparativa para evidenciar o antes e depois o processo de melhoria, comparando o modelo antigo (VN-80-2) com o modelo desenvolvido atualmente (VN-90-S). Segue abaixo:

Quadro 02 - Descrição do lavador VN-80-2

MATERIAIS - LAVADOR VN-80-2	
CH.2 x 1.20 x 3.00	650 KG
TUBULAÇÕES	ø 2" x 7.000 mm
CANTONEIRAS	1 1/2" x 1/4" = 100 kg
BOMBA VN.1	02 Bombas
CORREIAS	A-52= 02 Peças A-96 = 04 Peças
POLIAS	ø 60 - 2A = 04 Peças ø 300 - A1 = 02 Peças
ROTOR	ø 120 mm = 02 peças
MOTORES	2 CV. 4P. MONOF. = 02 Peças
PINTURA	
	16:00 horas x 6.80 x 1
MÃO DE OBRA	
	48:00 horas x 6.80 x 3
PREÇO P/VENDA	
	RS 20.000,00

Fonte: o autor.

Quadro 03 - Descrição do lavador VN-90-S

MATERIAIS - LAVADOR VN-90-S	
CH.2 x 1.20 x 3.00	325 KG
TUBULAÇÕES	ø 2 1/2" x 3.500 mm
CANTONEIRAS	45 x 45 x 1/4" = 50 kg
BOMBA VN.1	01 Bomba
CORREIAS	A-54 = 01 Peças A-98 = 02 Peças
POLIAS	ø 90 - 2B = 02 Peças ø 300 - A1 = 01 Peça
ROTOR	ø 140 mm = 01 peça
MOTORES	3CV. 4P. MONOF. = 01 Peça
PINTURA	08:00 horas x 6.80 x 1
MÃO DE OBRA	24:00 horas x 3.40 x 3
PREÇO P/VENDA	R\$ 14.000,00

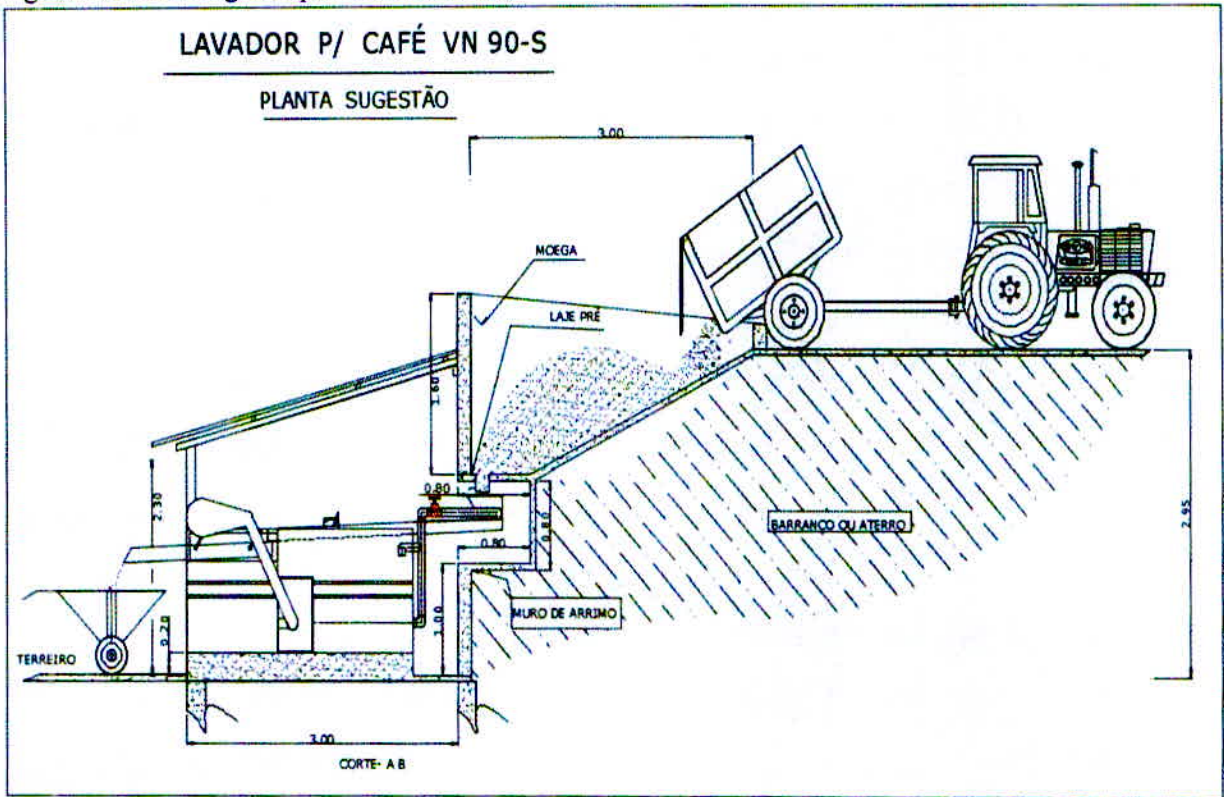
Fonte: o autor.

Através dos dados apresentados na tabela, foi possível concluir uma redução de R\$ 6.000,00 reais (informativo) no valor do equipamento antigo, pois reduziu vários materiais pela metade, como: bomba, polias, correias, rotor, chapas; o que acabou reduzindo o tempo de construção do equipamento, e consecutivamente a mão de obra utilizada pela metade. Contudo o reservatório do lavador se manteve com capacidade de 2.000 litros de água, porém a capacidade de separação do café houve alterações, passou de 15.000 a 20.000 litros/hora e o consumo de água reduziu de 280 para 250 litros d'água por hora.

5.2 Exemplificação da máquina em campo

Tendo como objetivo a aplicação da máquina em funcionamento, segue abaixo uma planta sugestão, para demonstrar o fluxo do processo de lavagem do café através do equipamento desenvolvido.

Figura 08 - Planta sugestão para lavador de café



Fonte: o autor.

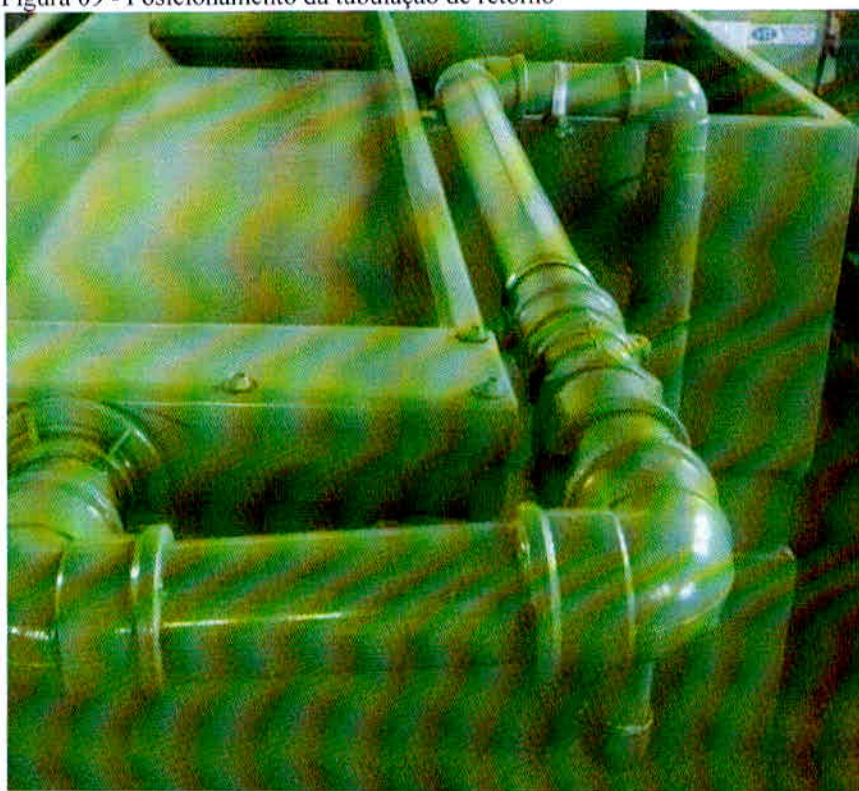
6 AJUSTES NO PROJETO

Após a confecção do protótipo experimental, foram realizados testes para verificação se o mesmo conseguia executar a separação do café tipo boia e cereja, se a pressão da bomba era ideal para executar esta operação no novo modelo do lavador.

Pode constatar a necessidade de ajustes no posicionamento da tubulação de separação do café tipo cereja, para conseguir executar a tarefa desenvolvida; a necessidade de posicionar melhor a tubulação de retorno da água (figura 09) do lavador de café, para melhorar o designe atendendo a função e evitar colisão ao posicioná-las no meio local de consumidores futuros.

Pode verificar a necessidade de ajuste no tipo de correia que liga o motor a bomba, devido a necessidade de utilizar um esticador, a correia em paralelo desgastava rapidamente e alongava, necessitando trocar seu modelo para o perfil B-98.

Figura 09 - Posicionamento da tubulação de retorno



Fonte: o autor.

7 CONCLUSÃO

O trabalho foi confeccionado com o objetivo de demonstrar a melhoria no lavador de café, acompanhando as necessidades dos produtores de café através dos avanços da mecanização no campo cafeeiro.

Todo o conhecimento adquirido ao longo da vida acadêmica, foi de extrema importância para a execução da melhoria no projeto, tendo como considerações a experiência e as situações vivenciadas.

Através dos estudos e pesquisas bibliográficas sobre o processo de lavagem do café, foi levantado possíveis melhorias no equipamento, confeccionando um protótipo para atender as funções e avaliar as mudanças realizadas.

Após a confecção, o protótipo do lavador de café foi colocado em teste, para verificação se as mudanças estruturais do equipamento pudessem desempenhar as melhorias desejadas e atender a função exigida pelo equipamento.

Tendo como conclusão a viabilidade do lavador, onde pode constatar a redução de custos na fabricação do equipamento, melhor desempenho e aumentando a vida útil da máquina, mantendo a simplicidade do projeto.

REFERÊNCIAS

ALMANAQUE DO CAFEICULTOR. **A lavagem com separação do café**. Três Pontas: EMATER, 2005. (Catálogo).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ (ABIC). **História do Café**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=49>> Acesso em: 20 de junho de 2015.

BARTH, G. M. P. **A leitura do café: suas possíveis relações matemáticas e a perspectiva de gênero**. Curitiba, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Saiba mais sobre o café, 2015**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>> Acesso em 21 de junho de 2015.

EMBRAPA CAFÉ. **Empresa brasileira de pesquisa agropecuária, 2015**. Disponível em: <<http://www.sapc.embrapa.br/antigo/index.php/ultimas-noticias/agricultores-aprovam-lavador-portatil-de-cafe>> Acesso em: 29 de setembro de 2015.

FERNANDES, Natália. **Revista do Café**, Rio de Janeiro, n. 837, p. 40-41, mar. 2011.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1991. 200 p.

HALAL, Shanise Lisie Mello El. **Composição, processamento e qualidade do café**. 2008. 45f. Bacharelado em Química de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MARTINS, A. L. **Império do Café: A grande lavoura no Brasil 1850 a 1890**. 7. ed. São Paulo: Atual, 1990.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de Máquinas**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2009. 375p.

POLIDRYER. **Indústria e comércio de máquinas, 2015**. Disponível em: <<http://www.polidryer.com.br/lavador-maravilha>> Acesso em: 28 de setembro de 2015.

PALINI; ALVES. **Máquinas agrícolas, 2015**. Disponível em: <<http://www.cafepoint.com.br/anuncie/novas-dos-parceiros/palini-alves-lavador-mecanico-para-cafe-e-sinonimo-de-eficiencia-de-separacao-83046n.aspx>> Acesso em: 29 de setembro de 2015.

PORTAL BRASIL. **Ciência e Tecnologia, 2015**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2015/03/cafe-e-a-segunda-bebida-mais-consumida-no-brasil>> Acesso em: 20 de junho de 2015.

REIS, P.R.; CUNHA, R.L. da; CARVALHO, G.R. **Café Arábica da pós-colheita ao consumo**. Lavras: EPAMIG, 2011. 734p.

SANTOS, Julio Cesar Freitas. **Processo de preparo do café, [2005]**. Disponível em: <http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php/envia_materia.php?mat=3701>. Acesso em: 03 de outubro de 2015.

SILVA, Juarez et al. **Lavadores e Sistema de Reuso da Água no Preparo do Café**. Brasília: EMBRAPA, 2014. (Circular técnica).

SUPREMA. **Desenvolvendo Soluções para o Agronegócio, 2015**. Disponível em: <<http://www.supremamaquinas.com.br/produtos-servicos-suprema-maquinas-lavador-cafe-lcp-12000.php>> Acesso em: 10 de setembro de 2015.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisas em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998. 90 p.

VN MÁQUINAS. **Inovação da cafeicultura**. Varginha, [2014]. (Catálogo).