

N. CLASS. M620.1  
CUTTER M 835p  
ANO/EDIÇÃO 2014

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**FAGNER JOSÉ MOREIRA**

**PROJETO DE UMA RECOLHEDORA DE CAFÉ DE VARRIÇÃO**

**Varginha**

**2014**

**FAGNER JOSÉ MOREIRA**

**PROJETO DE UMA RECOLHEDORA DE CAFÉ DE VARRIÇÃO**

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. M.Sc. João Mario Mendes de Freitas.

**Varginha**

**2014**

**FAGNER JOSÉ MOREIRA**

**PROJETO DE UMA RECOLHEDORA DE CAFÉ DE VARRIÇÃO**

Monografia 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 pela Bancada Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

---

Prof.

---

Prof.

---

Prof.

OBS:

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me ajudaram no decorrer deste período acadêmico e a todos aqueles que contribuíram para sua realização.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todos os desafios vencidos, a meu pai e minha mãe, a minha esposa e todos os meus amigos por terem ajudado na construção deste trabalho, em especial ao Sr. Maurílio Moreira Felipe.

“Cada sonho que deixa para trás é um pedaço do seu futuro que deixa de existir.”

Steve Jobs

## RESUMO

Através de estudos realizados em campo constatou-se a grande necessidade da implantação da mecanização nas lavouras de café. Dois fatos relevantes em relação a esta verificação são: a falta de mão de obra para realizar tais atividades envolvidas em todo o processo de colheita do fruto, e a intensa procura da diminuição dos gastos de produção para otimizar cada vez mais o lucro. Hoje já existem máquinas no mercado que realizam a maioria dos processos da colheita do café: arruadores, sopradores, máquinas colheitadeiras, recolhedoras de café de varrição, etc. Porém as máquinas responsáveis pelo recolhimento do café que fica no chão depois que é realizado a colheita, possuem valores elevados, e isso dificulta os pequenos produtores a adquirirem tal equipamento. Diante de tais fatos, e a através de um breve estudo sobre os processos de colheita do café, e com todo conhecimento adquirido durante o curso, o objetivo deste trabalho visa à demonstração de um projeto de uma recolhedora de café de varrição que tenha grande eficiência e um valor de mercado baixo para que os pequenos e os grandes produtores possam usufruir da mecanização desta etapa do processo.

**Palavras-chave:** Projeto. Recolhedora de café. Eficiência.

## ABSTRACT

*Through Field studies found that the great need of the implementation of mechanization in the coffee plantations. Two relevant facts regarding this verification is the lack of human labor perform such activities involved in the whole process of harvesting the fruit, and intense demand from lower production expenses to optimize increasingly profit. Today there are already machines on the market that perform most processes of the coffee harvest, as arruadores, blowers, machinery harvesters, coffee pickers sweeping, etc. But the machines responsible for gathering coffee lying on the floor after the harvest is done have high values, and this hinders stallholders to acquire such implement. Given these facts, and through a brief study of the processes of harvesting coffee, and all knowledge acquired during the course of the objective of this study is to demonstrate a design of a coffee harvester sweeping that has great efficiency and low market value for small large producers can also take advantage of mechanization of this process step.*

**Keywords:** *Project. Dregs of coffee. Efficiency.*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 ESTUDO SOBRE A COLHEITA DO CAFÉ.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Operações utilizadas na colheita do café.....</b>	<b>11</b>
2.1.1 Estudo sobre o processo de varrição do café.....	12
<b>2.2 Mecanização da Colheita .....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Varrição mecanizada do café do chão .....	13
2.2.2 Recolhimento mecanizado do café do chão .....	13
<b>3 AVALIAÇÃO SOBRE AS MELHORIAS DA MECANIZAÇÃO DO PROCESSO ..</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Vantagens e desvantagens da mecanização da operação.....</b>	<b>14</b>
<b>4 AVALIAÇÃO DAS OPERAÇÕES MANUAIS DE RECOLHIMENTO E ABANAÇÃO PARA PROJETAR MÉTODOS PARA MECANIZAR AS OPERAÇÕES.....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Metodologias utilizadas na projeção do equipamento .....</b>	<b>15</b>
4.1.1 Fonte motora para o funcionamento da máquina .....	15
4.1.2 Recolhimento do café .....	16
4.1.3 Desenvolvimento do processo de separação de resíduos do café.....	16
<b>5 MEMORIAL DE CÁLCULO DA MÁQUINA .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Rotação dos Eixos .....</b>	<b>17</b>
5.1.1 Relação de transmissão e rotação do eixo de tração da esteira recolhedora.....	17
5.1.2 Relação de transmissão e rotação no primeiro eixo separador de folhas .....	18
5.1.3 Relação de transmissão e rotação do segundo eixo separador de folhas.....	18
5.1.4 Relação de transmissão e rotação do terceiro eixo .....	19
5.1.5 Relação de transmissão e rotação do eixo excêntrico da peneira vibratória .....	19
5.1.6 Relação de transmissão e rotação no eixo da primeira turbina.....	20
5.1.7 Relação de transmissão e rotação do eixo da segunda turbina .....	20
<b>5.2 Cálculos das Correias.....</b>	<b>20</b>
5.2.1 Cálculo da correia que liga o primeiro eixo separador ao segundo eixo separador .....	21
5.2.2 Cálculo da correia que liga o segundo eixo ao terceiro eixo separador .....	21
5.2.3 Cálculo da correia que liga o primeiro eixo separador ao eixo excêntrico da peneira vibratória.....	22
5.2.4 Cálculo da correia que liga o primeiro eixo separador ao eixo da primeira turbina.....	22
5.2.5 Cálculo da correia que liga o primeiro eixo soprador ao eixo da segunda turbina.....	23
<b>5.3 Cálculos para dimensionamento do diâmetro do eixo da esteira recolhedora .....</b>	<b>23</b>
<b>5.4 Engrenagens e correntes .....</b>	<b>25</b>
<b>6 MONTAGEM DOS ELEMENTOS.....</b>	<b>26</b>
<b>7 TESTES REALIZADOS.....</b>	<b>31</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais um dos problemas que os agricultores enfrentam é a falta de mão de obra nas lavouras, e com os produtores de café não é diferente. A mecanização dos processos se torna algo indispensável para os produtores, tanto para aumentar a produtividade quanto para reduzir custos.

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre os processos de colheita do café, em especial o processo de varrição do café que repousa no chão durante a maturação e colheita dos frutos.

Neste cenário existem máquinas que realizam tal processo com grande eficiência, porém possuem custos de comercialização muito altos, o que dificulta os pequenos agricultores a adquirirem esse tipo de máquina.

Com os dados coletados durante os estudos, foi possível desenvolver o projeto de uma colhedora de café de varrição, com o intuito de conseguir boa eficiência e baixo custo de comercialização.

Serão apresentadas as hipóteses levantadas, métodos alternativos para projetar o equipamento, memorial de cálculo, dados de testes realizados em campo, e resultados finais do projeto.

## 2 ESTUDO SOBRE COLHEITA DO CAFÉ

A colheita do café pode ser realizada de três diferentes maneiras:

- a) Por derriça manual: Onde o trabalhador corre suas mãos pelas guias (galhos do pé de café) colhendo-os sobre o chão ou sobre um pano forrando o mesmo;
- b) Á dedo ou seletiva: O trabalhador escolhe quais os frutos que estão na condição ideal de colheita e o retira da planta para se obter melhor qualidade do produto final;
- c) Semimecanizada ou mecanizada: Faz-se o uso de máquinas parcial ou integral para realizar as operações da colheita. (MATIELLO et al, 2010).

As operações compreendem: a retirada dos frutos da planta, o seu recolhimento e a abanação.

“[...] A colheita manual é, ainda, o sistema mais empregado, podendo-se estimar seu uso em cerca de 80 % das áreas de cafezais no país, porém com grande crescimento verificado, nos últimos anos, na colheita mecanizada. [...]” (MATIELLO et al, 2010 p. 477).

Nos dias atuais, mecanizar a cafeicultura, como de resto toda a agricultura, significa o principal fator para tornar competitiva a atividade no campo, visto que a mão de obra vem se tornando cada vez mais escassa, mais cara e com menor rendimento. (MATIELLO; ALMEIDA; GARCIA; 2013, p. 3).

E com todo o processo de mecanização o trabalhador passa a ser qualificado para operar máquinas complexas com serviço menos árduo e melhor remunerado.

### 2.1 Operações utilizadas na colheita do café

A colheita consiste em seis operações distintas, são elas:

- a) Arruação: Processo realizado antes que os frutos começam a cair no chão, consistem em remover terra, restos de galhos e folhas de debaixo da árvore para que as demais operações não fiquem prejudicadas.
- b) Derriça: É o processo de retirada dos frutos da árvore, pode ser feito diretamente no chão ou em panos colocados forrando o mesmo.
- c) Varrição: É a operação de retirada do café que cai no chão durante a maturação e colheita dos frutos, e logo depois ajuntar tudo formando leiras entre as ruas de café.
- d) Recolhimento: Também conhecido com levantamento do café que é varrido e enleirado.
- e) Abanação: Processo que separa o café das impurezas como terra, restos de folhas, galhos e outros resíduos.

- f) Transporte: Consiste na retirada do café colhido da lavoura e levado para o terreiro para a secagem dos frutos. (Silva, Carvalho e Custódio, 2012)

### 2.1.1 Estudo sobre o processo de varrição do café

“[...] A colheita do café caído no chão é uma operação praticamente exclusiva da cafeicultura, tendo origem na colheita única do ano. [...]”. Como os frutos são originados de diferentes floradas, os que amadurecem primeiro caem no chão juntamente com outros frutos durante a colheita, e se misturam com galhos, folhas e terra, devendo ser juntados, recolhidos e abanados, sendo conhecidos como café de varrição. (MATIELLO et al 2010 p. 480)

Quando este processo é feito de forma manual são necessários alguns equipamentos específicos para a atividade. Os rastelos são utilizados para recolher o café que fica próximo ao tronco da árvore e ajunta-los formando leiras, logo depois são feitos pequenos montes e colocados dentro de peneiras para que possam ser abanados, retirando as impurezas. Porém, com o avanço da mecanização muitos implementos estão sendo desenvolvidos para este fim.

## 2.2 Mecanização da Colheita

A mecanização das operações envolvidas na colheita do café é de fundamental importância para que se possa conseguir um rendimento melhor e uma melhoria na lucratividade do produto final.

Mas assim mecanizar não é simplesmente comprar máquinas e sair de qualquer modo realizando as operações sem conhecimento algum, mas sim ter planejamento e treinamento para os operadores para suprir todas as necessidades do agricultor. (SILVA, CARVALHO E CUSTÓDIO, 2012).

As lavouras devem ser adaptadas para uma declividade máxima do terreno na faixa de 20-25%. (SILVA, CARVALHO E CUSTÓDIO, 2012).

A mão de obra tem que ser treinada e qualificada para operar os equipamentos utilizados no processo para que não haja perdas na produção.

### 2.2.1 Varrição mecanizada do café do chão

Para o processo de varrição existem equipamentos para auxiliar na operação, o mais simples deles é o soprador que pode ser utilizado de forma manual ou tracionado por um trator. Este equipamento tem a finalidade de soprar (juntar) tudo que se encontra debaixo do pé de café para que se possa iniciar a operação subsequente, (MATIELLO et al, 2010).

### 2.2.2 Recolhimento mecanizado do café do chão

O recolhimento do café tem suma importância no processo da colheita, onde é comum ter-se 20-30 % de cafés de varrição. (MATIELLO et al, 2010)

Atualmente no mercado existem diversos modelos para a utilização nesta operação, alguns simplesmente recolhem o café e tem o auxílio de outra máquina para realizar a abanação, porém existem outras máquinas que já realizam as duas funções de uma só vez. Existem outras ainda que realizem praticamente todas as atividades de varrição em um só processo, elas varrem, recolhem, abanam e estocam o café do chão, aliando economia de tempo e redução do custo de produção.

### 3 AVALIAÇÃO SOBRE AS MELHORIAS DA MECANIZAÇÃO DO PROCESSO

A competitividade na cafeicultura exige cada vez mais dos produtores, a busca de meios alternativos para facilitar e agregar melhorias ao processo. A mecanização das operações da colheita trás inúmeros benefícios aos produtores, resultando em melhores rendimentos na condução das lavouras, equilíbrio e redução de custos de produção e também a substituição da mão de obra que esta cada vez mais escassa no campo. (SILVA, CARVALHO E CUSTÓDIO 2012)

#### 3.1 Vantagens e desvantagens da mecanização da operação

Existem vantagens e desvantagens na mecanização das operações de colheita do fruto. São elas:

Vantagens:

- a) Menor custo operacional.
- b) Libertação da planta para recuperação mais rápida para a próxima colheita.
- c) Maior tempo de trabalho, pois as máquinas podem trabalhar também a noite, pois, é só trocar de operador.
- d) Com menos pessoal se tem uma aumento na produção.
- e) Produto final de melhor qualidade.

Desvantagens:

- a) Exige um investimento alto para compra de máquinas.
- b) As lavouras tem que se adaptarem às máquinas, principalmente em questão a declividade do terreno.
- c) Algumas operações necessitam de repasse manual.
- d) Gastos com manutenção do maquinário. (MATIELLO et al, 2010).

## **4 AVALIAÇÃO DAS OPERAÇÕES MANUAIS DE RECOLHIMENTO E ABANAÇÃO PARA PROJETAR MÉTODOS PARA MECANIZAR AS OPERAÇÕES**

Com o intuito de projetar uma recolhedora de café de varrição foi necessário um estudo sobre os métodos manuais utilizados nas operações de varrição, recolhimento e abanação do café do chão.

Analisando o objetivo da máquina a ser projetada e as operações que a ela seriam atribuídas chegou-se à conclusão que o processo de varrição seria realizado com o auxílio de outro implemento.

Observando a operação de recolhimento do café através de rastelos ou rodos, foi capaz de projetar um processo similar capaz de realizar a tarefa de modo simples e eficiente: uma esteira transportadora responsável por recolher o café do chão através de borrachões e ao mesmo tempo coar a terra recolhida junto ao café.

Já o processo de abanação, é realizado de forma mais complexa, o que acarreta em um equipamento maior e mais complexo com peneiras vibratórias, eixos com garfos para moer os resíduos recolhidos junto ao café e turbinas responsáveis pela sucção de folhas e galhos.

Logo após este processo o café que já foi abanado se desloca pelo último estágio da peneira até cair em um guia para ser deslocado até algum recipiente.

### **4.1 Metodologias utilizadas na projeção do equipamento**

Depois de vários estudos e pesquisas realizadas em campo, chegou-se o momento de desenvolver os meios que serão utilizados no funcionamento da máquina.

#### **4.1.1 Fonte motora para o funcionamento da máquina**

O primeiro passo a ser analisado é de como a máquina irá funcionar, qual será a fonte motora de seus elementos. Uma das opções analisadas é o acoplamento de um motor independente, no entanto o custo elevado vai contra a proposta de se produzir uma máquina de baixo custo. A utilização do trator como elemento motor torna-se uma melhor opção, acoplando a máquina através do cardã.

#### 4.1.2 Recolhimento do café

Após a definição do funcionamento da máquina a próxima fase é a análise para o recolhimento do café. Uma opção seria por sucção, porém o alto nível de poeira levantado pode acarretar problemas de saúde ao trabalhador, já que o mesmo pode passar até oito horas diárias inalando esta poeira. A maneira mais rápida e prática encontrada é através de uma esteira transportadora, já que esta ao mesmo tempo em que recolhe o café junto aos resíduos efetuando a coagem da terra transportada com o café. O meio encontrado é a utilização de borrachões com a função de transportar o café até o interior da máquina.

#### 4.1.3 Desenvolvimento do processo de separação de resíduos do café

O estudo de um elemento capaz de separar o café do restante dos resíduos levou ao desenvolvimento de um corpo de peneiras vibratórias, nas quais é acoplado um conjunto de três eixos com hastes fixadas com a função de separar os resíduos do café. Outro elemento foi desenvolvido com a necessidade de se ter um elemento capaz de retirar parte dos resíduos da máquina, uma turbina de sucção com capacidade de sugar parte destes restos de folhas e galhos. O corpo de peneiras conta com três estágios diferentes. O primeiro utiliza uma grade de ferro maciço com vãos maiores capaz de segurar somente os resíduos maiores. No segundo tem-se uma chapa perfurada com furos de diâmetro de aproximadamente vinte e dois milímetros, onde se passa mais um processo de coagem dos grãos, e como a peneira é vibratória o movimento de vibração que a mesma realiza faz com que parte do restante do material inutilizado seja despejado lateralmente á máquina. No terceiro estágio existe uma chapa perfurada com furos de cinco milímetros de diâmetro onde a função desta parte é segurar o café e liberar a terra que está presente no material a ser selecionado. Novamente com o movimento que o corpo de peneiras realiza, o café é projetado para um guia onde existe mais uma turbina de sucção que sugará o restante das folhas existentes e em seguida o café é projetado até o recipiente.

## 5 MEMORIAL DE CÁLCULO DA MÁQUINA

Para a confecção do protótipo é necessário executar cálculos referentes aos componentes da máquina, como rotação dos elementos, dimensionamento de eixos, especificação das polias, cálculos das correias, especificação de mancais e rolamentos, entre outros.

Todos estes cálculos são fundamentais para dimensionar os componentes da máquina para que possam ser confeccionados e acoplados na estrutura da mesma, para a realização de futuros testes em campo, a análise de possíveis quebras e eficiência do equipamento.

### 5.1 Rotações dos Eixos

Os cálculos da relação de transmissão ( $i$ ) e da rotação ( $\eta$ ) 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 são cálculos teóricos e desprezando perdas.

#### 5.1.1 Relação de transmissão e rotação do eixo de tração da esteira recolhedora

Considerando que a máquina será acoplada diretamente ao trator, cuja rotação nominal de operação no eixo do cardã é de 540 rpm, consegue-se calcular a rotação dos elementos da máquina.

Na máquina existe um elemento mecânico denominado caixa de transmissão que se interliga através de acoplamentos articulados ao cardã do trator. Esta caixa possui relação de transmissão  $i=1$  sendo responsável pela distribuição do torque aos demais elementos.

A caixa está ligada diretamente ao eixo que transmite torque a esteira recolhedora através de correntes, onde na caixa esta acoplada uma roda dentada de  $Z=13$  e no eixo da esteira uma roda dentada de  $Z= 49$ .

Utilizando os valores de números de dentes das rodas dentadas aplicados a equação (1) determina-se a relação de transmissão ( $i$ ) dos elementos (MELCONIAN, 2009):

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\eta_1}{\eta_2} \quad (1)$$

A relação de transmissão entre a caixa e o eixo da esteira é dada por:

$$i1 = \frac{49}{13}$$

Onde a relação de transmissão ( $i1$ ) é de 3,75.

Utilizando o valor ( $i$ ) calculado é possível calcular a rotação do eixo da esteira:

$$3,75 = \frac{540}{\eta^2}$$

Onde a rotação obtida para o eixo da esteira ( $\eta^2$ ) é de 143 rpm.

### 5.1.2 Relação de transmissão e rotação no primeiro eixo separador de folhas

O primeiro eixo separador de folhas é responsável de fazer a separação dos resíduos recolhidos pela esteira facilitando o restante do processo da máquina, este está acoplada ao eixo da caixa transformadora, onde no eixo da caixa esta acoplada uma roda dentada de  $Z=19$  e no eixo separador esta acoplada uma roda dentada de  $Z=19$  assim temos:

$$i2 = \frac{19}{19}$$

Onde a relação de transmissão é de 1.

Portanto temos:

$$1 = \frac{540}{\eta^2}$$

Onde a rotação do elemento é de 540 rpm.

### 5.1.3 Relação de transmissão e rotação do segundo eixo separador de folhas

O segundo eixo tem a mesma função do primeiro, que é a separação dos resíduos dos frutos para facilitar no restante do processo, e este esta ligado ao primeiro eixo através de correias, no primeiro eixo tem-se uma polia de 100 mm e no segundo eixo uma polia de 100

mm, portanto se ambos tem mesma função adotou-se relação de transmissão  $i = 1$  e rotação  $\eta = 540$  rpm.

#### 5.1.4 Relação de transmissão e rotação do terceiro eixo

O terceiro eixo tem a função de levar os resíduos que sobram na peneira de separação até a primeira turbina de sucção, este eixo este ligado ao segundo eixo através de correias, onde o segundo eixo possui uma polia de 100 mm e no terceiro eixo uma polia de 150 mm. Através destes dados tem-se:

$$i_3 = \frac{150}{100}$$

Obtendo a relação de transmissão  $i_3 = 1,5$ .

Utilizando a relação calculada:

$$1,5 = \frac{540}{\eta_2}$$

Determina-se a rotação do terceiro eixo  $\eta = 360$  rpm.

#### 5.1.5 Relação de transmissão e rotação do eixo excêntrico da peneira vibratória

A velocidade de vibração das peneiras é um ponto crítico a ser considerado, se for muito rápido acarreta danos estruturais na máquina, e se for muito lenta não consegue deslocar o café até a segunda turbina de sucção. O eixo excêntrico está ligado ao primeiro eixo separador através de correias onde o eixo separador possui uma polia de 100 mm e no eixo excêntrico uma polia de 150 mm. Calculando a relação de transmissão tem-se:

$$i_4 = \frac{150}{100}$$

Onde o valor da relação de transmissão  $i_4 = 1,5$

A partir daí calcula-se a rotação do eixo excêntrico:

$$1,5 = \frac{540}{\eta^2}$$

Sendo a rotação no eixo excêntrico  $\eta = 360$  rpm.

#### 5.1.6 Relação de transmissão e rotação no eixo da primeira turbina

O eixo da primeira turbina está ligado ao primeiro eixo separador através de correias, onde no eixo separador é utilizada uma polia possui poluía de 350 mm e o eixo da turbina uma polia de 100 mm. Então se tem:

$$i_5 = \frac{100}{350}$$

Onde o valor calculado da relação de transmissão  $i_5 = 0,25$

Calculando-se a rotação da turbina:

$$0,30 = \frac{540}{\eta^2}$$

É obtido a rotação  $\eta = 1800$  rpm.

#### 5.1.7 Relação de transmissão e rotação do eixo da segunda turbina

A segunda turbina tem a mesma função da primeira, podendo ser utilizado a mesma relação de transmissão  $i_6 = 0,30$  e rotação  $\eta = 1800$  rpm.

### 5.2 Cálculos das Correias

Determina-se comprimento da correia (l) conforme equação (2), (MELCONIAN, 2009):

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

### 5.2.1 Cálculo da correia que liga o primeiro eixo separador ao segundo eixo separador

A distância entre centros (C) dos eixos em questão é de 460 mm, o diâmetro maior (D) é de 100 mm e o diâmetro menor (d) é de 100 mm.

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

$$l = 2 \times 460 + 1,57 \times (100 + 100) + \frac{(100 - 100)^2}{4 \times 460}$$

Onde o comprimento da correia (l) é de 1234 mm.

Padronizando este dado, determina-se a referência de correia B 48.

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

### 5.2.2 Cálculo da correia que liga o segundo eixo ao terceiro eixo separador

A distância entre eixos (C) da correia que liga o segundo eixo ao terceiro eixo separador é de 400 mm, o diâmetro maior (D) é de 150 mm e o diâmetro menor (d) é de 100 mm.

De acordo com os esforços exigidos pelos componentes determina-se o perfil das correias (perfil B), calculando-se a seguir o comprimento (l) da correia, de acordo com a equação (2):

$$l = 2 \times 400 + 1,57 \times (150 + 100) + \frac{(150 - 100)^2}{4 \times 400}$$

Sendo o comprimento de correia (l) é de 1194 mm.

Padronizando, o comprimento obtém-se a correia B 46.

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

### 5.2.3 Cálculo da correia que liga o primeiro eixo separador ao eixo excêntrico da peneira vibratória

A distância entre eixos (C) da correia que liga o primeiro eixo separador ao eixo excêntrico da peneira vibratória é de 890 mm, o diâmetro maior (D) é de 150 mm e o diâmetro menor (d) é de 100 mm.

De acordo com os esforços exigidos pelos componentes utiliza-se correias perfil B, calculando-se a seguir o comprimento ( $\ell$ ) da correia, de acordo com a equação (2):

$$\ell = 2 \times 890 + 1,57 \times (150 + 100) + \frac{(150 - 100)^2}{4 \times 890}$$

Sendo o comprimento de correia ( $\ell$ ) é de 2173 mm.

Padronizando, obtêm-se à referência de correia B 85.

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

### 5.2.4 Cálculo da correia que liga o primeiro eixo separador ao eixo da primeira turbina

A distância entre eixos (C) da correia que liga o primeiro eixo separador ao eixo da primeira turbina é de 1260 mm, o diâmetro maior (D) é de 350 mm e o diâmetro menor (d) é de 100 mm.

De acordo com os esforços exigidos pelos componentes utiliza-se correias perfil B, calculando-se a seguir o comprimento ( $\ell$ ) da correia, de acordo com a equação (2):

$$\ell = 2 \times 1260 + 1,57 \times (350 + 100) + \frac{(350 - 100)^2}{4 \times 1260}$$

Sendo o comprimento de correia ( $\ell$ ) é de 3251 mm.

Padronizando, obtêm-se a referência de correia B 128.

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

### 5.2.5 Cálculo da correia que liga o primeiro eixo soprador ao eixo da segunda turbina

A distância entre eixos (C) da correia que liga o primeiro eixo soprador ao eixo da segunda turbina é de 1450 mm, o diâmetro maior (D) é de 150 mm e o diâmetro menor (d) é de 100 mm.

De acordo com os esforços exigidos pelos componentes utiliza-se correias perfil B, calculando-se a seguir o comprimento ( $\ell$ ) da correia, de acordo com a equação (2):

$$\ell = 2 \times 1450 + 1,57 \times (350 + 100) + \frac{(350 - 100)^2}{4 \times 1450}$$

Sendo o comprimento de correia (l) é de 3628 mm.

Padronizando, obtêm-se a referência de correia B 144.

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

### 5.3 Cálculos para dimensionamento do diâmetro do eixo da esteira recolhadora

“[...] Eixos são elementos de construção mecânica, que se destinam a suportar outros elementos de construção (polias, engrenagens, rolamentos, rodas de atrito, etc.), com a finalidade de transmitir movimento. [...]”. (MELCONIAN 2009 p. 243)

O eixo da esteira tem comprimento (L) de 1000 mm e está biapoiado, existe uma carga uniformemente distribuída de aproximadamente 2 kN sobre ele. O que resulta em uma carga resultante de 2 kN. Assim as reações de apoio são exatamente as mesmas, portanto 1 kN cada. Então temos que o momento resultante ( $M_r$ ) é de 1 kN multiplicado pelo comprimento do eixo dividido por dois,  $1000 \text{ [N]} \times 50 \text{ [mm]}$ , resultando em  $50000 \text{ [N.mm]}$ . A potência do motor do trator é de 55 cv, transforma-se para watts para colocar na fórmula, temos 40500 W. Aplicando os dados obtidos pode-se calcular o momento de torque aplicado ao eixo ( $M_t$ ) de acordo com a equação (3):

$$M_t = \frac{30000 \times P}{\pi \times \eta} \text{ (N.mm)} \quad (3)$$

Têm-se:

$$M_t = \frac{30000 \times 40500}{\pi \times 540}$$

Portanto, o momento de torque ( $M_t$ ) aplicado ao eixo é de 716200 N.mm.

Para o cálculo do Momento ideal ( $M_i$ ) temos a equação (4):

$$M_i = \sqrt{M_r^2 + \left(\frac{a}{2} + M_t\right)^2} \text{ (N.mm)} \quad (4)$$

Aplicando a equação 4 têm-se:

$$M_i = \sqrt{50000^2 + \left(\frac{1,18}{2} + 716200\right)^2}$$

Onde momento ideal ( $M_i$ ) é 425500 N.mm

Para o cálculo do diâmetro de árvore utiliza-se a equação (5):

$$d \geq 2,17 \sqrt[3]{\frac{b \times M_i}{L_r}} \text{ (mm)} \quad (5)$$

Para eixos trefilados o limite de resistência ( $L_r$ ) é 630 MPa. (ARCELORMITAL, 2014).

Então:

$$d \geq 2,17 \sqrt[3]{\frac{1 \times 425500}{630}}$$

Portanto o diâmetro de árvore ( $d$ ) é 19 mm.

O cálculo realizado para o diâmetro do eixo árvore da esteira recolhadora foi o único realizado para os eixos da máquina, pois é o elemento do qual se demanda o maior esforço sendo os demais eixos dimensionados de acordo com este cálculo.

#### 5.4 Engrenagens e correntes

Foram utilizados acoplamentos com correntes em dois pontos considerados mais críticos da máquina onde correias não seriam eficientes.

No acoplamento do eixo da caixa ao eixo da esteira, e no acoplamento da caixa com o primeiro eixo separador. Nestas ligações foram utilizadas rodas dentadas ASA 60 com largura interna de 12,7 mm e diâmetro do rolo de 11,9 mm. A corrente utilizada apresenta carga de ruptura igual a 3200 kgf e peso Kg/m igual a 1,44. (TELMAC, 2014)

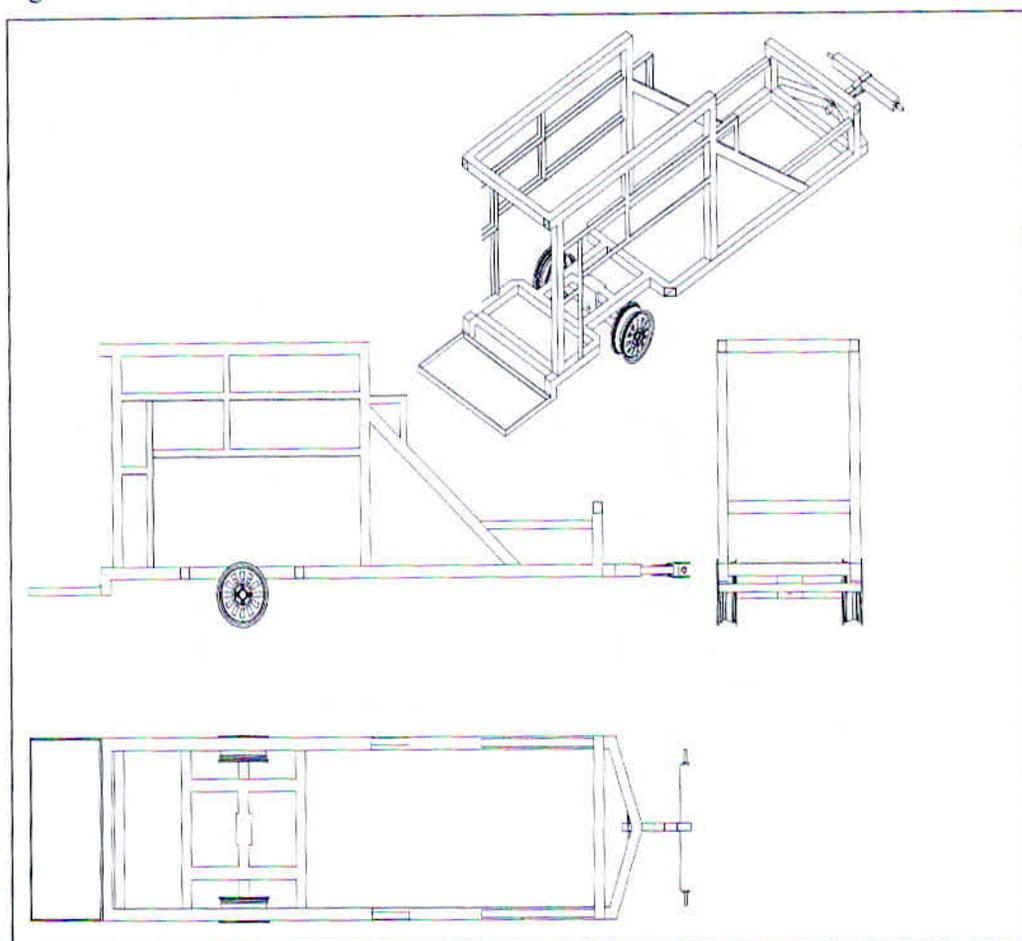
Na esteira recolhedora foi utilizada para fixação dos borrachões corrente agrícola tipo CA e aditamento tipo K1.A1, modelo CA 550 com carga de ruptura de 5100 kgf, e peso kg/m igual a 2. (TELMAC, 2014)

## 6 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Depois do memorial de cálculo apresentado e do dimensionamento dos elementos, é apresentado alguns dados referentes à confecção dos elementos e processo de montagem.

Para a estrutura que suporta os elementos, utilizou-se metalon 80x80 mm com espessura de chapa de aproximadamente 4,5 mm, cantoneira de abas iguais de 38.1 mm com espessura da aba de 5 mm, ferro chato de 76,2 mm de largura por 12 mm de espessura. Foram utilizados na montagem, parafusos e processo de soldagem com MIG/MAG. A estrutura conta com 5200 mm x 2100 mm x 1200 mm (C x A x L). Figura 01.

Figura 01: Estrutura metálica da recolhedora de café de varrição.

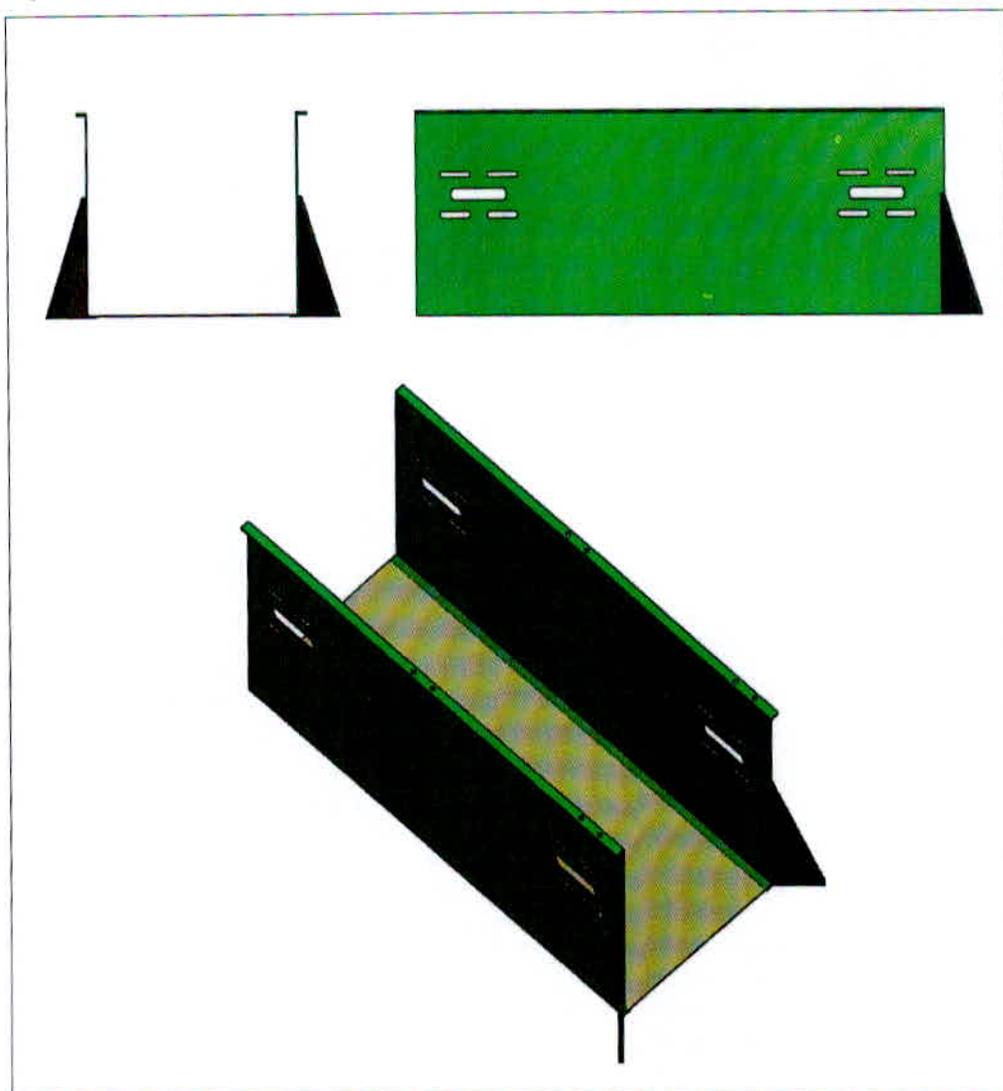


Fonte: (O AUTOR, 2014)

Após a confecção da estrutura, foram confeccionados os elementos. Primeiro foi fabricado a estrutura da esteira recolhedora com chapa lisa de 5 mm de espessura, a estrutura é composta de duas chapas laterais em um formato o qual possa se evitar que o café não seja derramado novamente no chão, no fundo foi fixado uma chapa perfurada com furos de

diâmetro igual a 3 mm utilizado no processo de coagem já no recolhimento. Nas extremidades da esteira foram feitos furos para a passagem dos eixos que sustentam a corrente transportadora onde são acopladas cantoneiras para parafusar os borrachões, a estrutura conta com 1700 mm x 500 mm x 900 mm (C x A x L), figura 02.

Figura 02: Estrutura da esteira recolhedora.

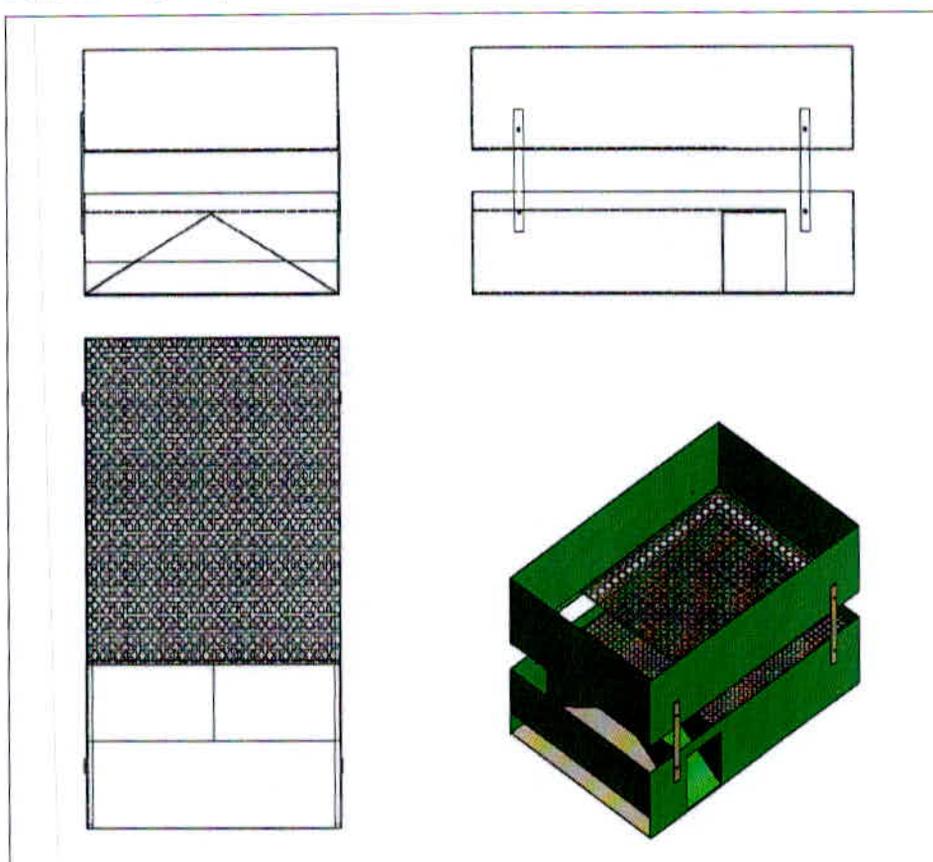


Fonte: (O AUTOR, 2014)

Após a montagem da esteira realiza-se a confecção do corpo das peneiras vibratórias, elemento composto de três níveis de peneiras: a peneira que recebe o café da esteira recolhedora possui furos com diâmetro maiores para retenção das folhas e gravetos os quais são sugados por uma turbina fixada no término da peneira, neste estágio são fixados os eixos separadores com a finalidade de separar os resíduos facilitando a passagem dos frutos conduzindo-os para o segundo estágio de peneiras. No segundo estágio a peneira com furos de

diâmetros médios seleciona o restante dos resíduos encontrados juntamente com os frutos do café, nesta parte do processo o restante das folhas maiores são descartadas, passando para o último estágio somente os frutos, terra e alguns pedaços menores de folhas e pequenos gravetos. Na última peneira os furos são de diâmetros menores e somente a terra será coada. Os frutos e pequenos gravetos são projetados em direção de mais uma turbina de sucção para que aconteça a seleção dos frutos. Ao término do processo os frutos serão colocados em recipientes (geralmente sacarias acopladas na máquina). Esta estrutura conta com 1200 mm x 650 mm x 900 mm (C x A x L). Figura 03.

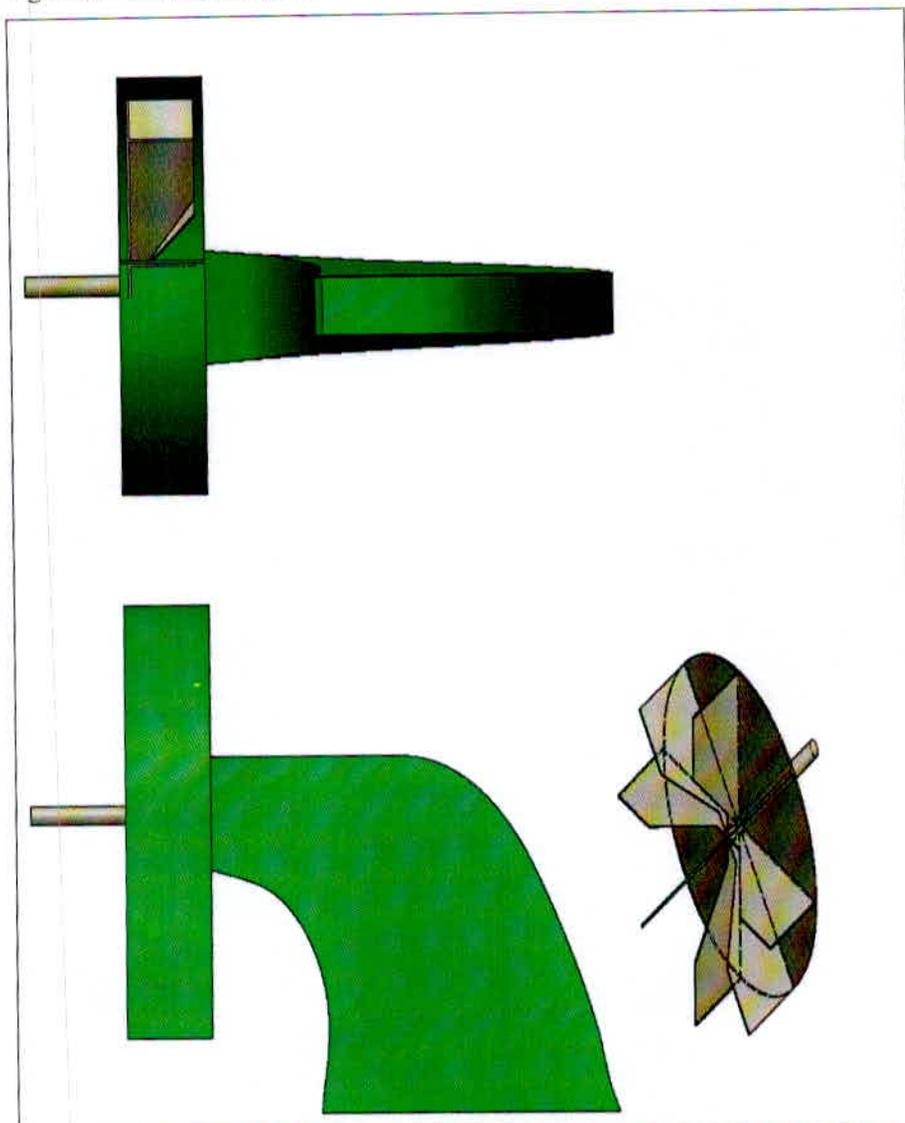
Figura03: Corpo de peneiras vibratórias.



Fonte: (O AUTOR, 2014)

Depois do corpo das peneiras, foram confeccionadas as turbinas de sucção, com rotores de pás retas com diâmetro de 500 mm e 450 mm respectivamente, as volutas foram confeccionadas de acordo com as necessidades da máquina, para que o boca de sucção fosse instalado próximo das peneiras. Figura 04:

Figura 04: Turbina de sucção.



Fonte: (O AUTOR, 2014)

A máquina proposta possui itens de menor porte como: as hastes que fixam o corpo das peneiras na máquina, os esticadores de correia, os suportes para fixação do recipiente que irá receber o café, hastes para fixação de alguns elementos, mancais, rolamentos, polias, correias, rodas dentadas, correntes, parafusos, arruelas os quais os cálculos não serão abordados nesse trabalho.

Com a montagem do protótipo da máquina (Figura 5) foram realizados testes de desempenho.

Figura 05: Recolhedora de café de varrição



Fonte: (O AUTOR, 2014)

## 7 TESTES REALIZADOS

Durante os testes realizados em campo com o protótipo, foi constatada a necessidade de alguns ajustes para adequar o desempenho a proposta inicial do projeto. Foram realizados ajustes na rotação de alguns elementos, para que a máquina funcionasse em harmonia.

Um dos itens a ser reajustado é o aperto de parafusos, um ponto muito exigido, pois a máquina em funcionamento tem muita vibração, o que resulta em desaperto de alguns elementos, podendo ocasionar quebra de alguns elementos do equipamento.

A amplitude de vibração das peneiras foi um dos itens ajustados, verificando o movimento para melhorar a capacidade de deslocamento do café até a turbina de sucção.

Após os ajustes realizados o protótipo obteve o funcionamento previsto no projeto.

## 8 CONCLUSÃO

O trabalho foi desenvolvido com o intuito de demonstrar um projeto de uma recolhedora de café de varrição, acompanhando o avanço da mecanização nas lavouras de café.

Todo o conhecimento adquirido durante a vida acadêmica foi muito importante para a confecção deste projeto, todas as considerações da máquina foram baseadas em situações vivenciadas dentro da sala de aula e na experiência dos projetistas.

A máquina foi projetada através de pesquisas bibliográficas sobre os processos da colheita do café e de acordo com as necessidades pré-determinadas, foi confeccionado um protótipo para avaliação prática de todas as funções exigidas.

Depois da confecção do protótipo, o mesmo foi testado e constatado a necessidade que de alguns ajustes técnicos, para que o equipamento pudesse desempenhar as funções de acordo com o projeto.

Os ajustes foram realizados de maneira minuciosa e o protótipo testado várias vezes, até que todas as necessidades iniciais fossem cumpridas de acordo com o determinado, constatando a viabilidade do projeto para produção comercial.

## REFERÊNCIAS

- ARCELORMITAL. **Guia do aço.** (Catálogo de dados sobre aços). Disponível em <<http://www.arcelormital.com.br>>. Acesso em 07 abril 2014.
- HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais.** São Paulo: Person Education do Brasil, 2006.
- MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. W. R. **Mecanização em cafezais.** Varginha, MG: MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) /Fundação Pró Café, 2013,56p.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de Café no Brasil: Manual de Recomendações.** Varginha, MG: MAPA/Fundação Pró Café, 2010.
- MELCONIAN; S. **Elementos de Máquinas.** São Paulo: Érica, 2009, 375p.
- SILVA, F.M.; CARVALHO, G.R.; CUSTÓDIO, A.A.P. **3º Simpósio de Mecanização da Lavoura Cafeeira.** Lavras: UFLA/DEG, 2012. 86p.
- TELMAC. **Correntes de Transmissão.** (Catálogo de correntes). Disponível em <<http://www.telmac.com.br>>. Acesso em 01 abril 2014.
- TELMAC. **Engrenagens.** (Catálogo de engrenagens). Disponível em <<http://www.telmac.com.br>>. Acesso em 01 abril 2014.