

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
ISLEI HENRIQUE DE MOURA**

**ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO APLICADA À MÁQUINA COLHEDORA DE
CAFÉ: uma opção para reduzir o custo de mecanização**

**Varginha
2018**

ISLEI HENRIQUE DE MOURA

**ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO APLICADA À MÁQUINA COLHEDORA DE
CAFÉ: uma opção para reduzir o custo de mecanização**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas Gerais – UNIS como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, sob orientação do Prof. Msc. João Mário Mendes de Freitas.

**Varginha
2018**

ISLEI HENRIQUE DE MOURA

**ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO APLICADA À MÁQUINA COLHEDORA DE
CAFÉ: uma opção para reduzir o custo de mecanização**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS como pré-requisito para obtenção de grau de Engenheiro Mecânico pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.....

” Decidir frase, e citar o autor”

RESUMO

A produção cafeeira possui uma grande participação na renda das pessoas na região sul de Minas Gerais, pois através do café gera-se emprego renda em vários seguimentos. O café do Brasil possui um alto consumo no mercado externo fazendo que os produtores devam aumentar a produção, no entanto com o aumento da produção surge o problema de captação de mão de obra para efetuar a colheita de forma manual, essa dificuldade exige que os cafeicultores mecanizem seu processo de colheita, a derriça mecanizada possui alguns benefícios como a redução do custo, diminui o tempo de colheita e confere maior previsibilidade nas operações junto a lavoura, esses diferenciais conferem maiores rendimentos financeiros ao produtor e possibilita reduzir custos de produção. No entanto, para obter a colheita mecanizada exige-se um alto investimento inicial sendo amortizado com anos de colheita subsequente, o capital para essa mudança, na maioria das vezes, só é utilizado por grandes produtores, não sendo possível por cafeicultores de pequeno e médio porte. Este trabalho se justifica em possibilitar o acesso dos menores produtores à mecanização da colheita com qualidade e alto rendimento, aplicando modificações em máquinas antigas que não propiciam, as funcionalidades das colhedoras modernas. Para criação do protótipo fez-se uso de um derriçador modelo KOPLEX, fabricado em 1988, pela empresa Jacto, essa máquina é originalmente dotada apenas de hastes vibratórias para a derriça do café, que ao ser retirado da planta é lançado direto o solo, o que não ocorre nas máquinas modernas pois no ato da derriça o café é coletado e transportado para caçambas e não se utiliza mão de obra para transportar o fruto. O objetivo das modificações visam inserir as mesmas funcionalidades das máquinas atuais através de inclusões de sistemas de segregação e transporte do café colhido, porém, para tal espera-se utilizar um baixo investimento financeiro que tornará acessível para os produtores de menor porte.

Palavras-chave: Engenharia de manutenção. Mecanização. Cafeicultura.

ABSTRACT

The coffee production has a large participation in the income of the people in the southern region of Minas Gerais, because through the coffee generates employment income in several segments. Brazil's coffee has a high consumption in the foreign market causing the producers to increase production, however with the increase of production arises the problem of raising labor to harvest manually, this difficulty requires that coffee growers mechanize their harvesting process, the mechanized melt has some benefits because it reduces the cost, reduces the time of harvest and gives greater predictability in the operations with the crop, these differentials give greater financial income to the producer and allows to reduce production costs. However, to obtain the mechanized harvest requires a high initial investment being amortized with in the subsequent harvest years, the capital for this change, most of the time, is only used by large producers, being unattended by small and medium growers bearing. This work is justified in allowing the access of the smaller producers to the mechanization of the harvest with quality and high yield, applying modifications in old machines that do not propitiate the functionalities of the modern harvesters. In order to create the prototype, a KOPLEX model was used, manufactured in 1988 by the Jacto company. This machine is originally equipped with only vibrating rods for the coffee ground, which when removed from the plant is thrown directly into the soil. does not occur in modern machines because coffee is collected and transported to the buckets in the act of the derriça and no manpower is used to transport the fruit. The purpose of the modifications is to insert the same functionalities existing in the present machines through the inclusion of segregation systems and transport of the harvested coffee. However, it is expected that a low financial investment will be made available to smaller producers.

Keywords: *Maintenance engineering. Mechanization. Coffee-growing.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01- Trator movido a vapor	15
Figura 02 - Exposição da colhedora Jacto K-3.....	18
Figura 03 - Derrçador unilateral	21
Figura 04 - Colhedora KOPLEX.....	21
Figura 05 - Colhedora elétrica	23
Figura 06 - Corrente transportadora	26
Figura 07 - Transportador helicoidal	28
Figura 08 - Características dos transportadores helicoidais	28
Figura 09 - Percentual de preenchimento na calha do transportador	29
Figura 10 - Partes principais dos elevadores de caçamba	30
Figura 11 - Palhetas recolhedoras.....	31
Figura 12 - Reservatório da máquina	32
Figura 13 - Transportador por corrente montados na máquina	33
Figura 14 - Transportador lateral.....	35
Figura 15 - Rosca de homogeneização	36
Figura 16 - Rosca de escoamento do reservatório	36
Figura 17 - Elevadores de caçamba.....	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Cafeicultura em regiões montanhosas.....	16
Quadro 02 - Dimensões e potência de tratores cafeeiros.....	17
Quadro 03 - Comparação de custos entre máquinas	25
Quadro 04 - Máquinas utilizadas nos testes	41
Quadro 05 - Comparação de rendimento das máquinas	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 EVOLUÇÃO DA MECANIZAÇÃO NA AGRICULTURA	14
2.1 O uso de tratores na agricultura	15
2.1.1 Tratores desenvolvidos para cafeicultura	16
3 O SURGIMENTO DAS COLHEDORAS DE CAFÉ	18
3.1 Mecanização da colheita de café.....	19
3.1.1 Tipos de colhedoras	20
3.2 Evolução colhedoras de café auto-propelidas	22
3.3 Evolução das colhedoras tracionadas	22
4 MODIFICAÇÃO DAS MÁQUINAS	24
4.1 Análise de viabilidade das adaptações	24
4.2 Reestruturação das máquinas em desuso.....	26
4.2.1 Transportadores por corrente.....	26
4.2.1.1 Dimensionamento dos transportadores de corrente.....	27
4.2.2 Transportadores helicoidal	27
4.2.2.1 Dimensionamento dos transportadores helicoidais	28
4.2.3 Elevadores de caçambas	29
4.2.3.1 Dimensionamento dos elevadores de caçambas.....	30
4.3 Confecção do protótipo	31
4.3.1 Reservatório de para o café colhido	32
4.3.2 Cálculos para dimensionar os transportadores por corrente.....	32
4.3.3 Cálculos para dimensionar os transportadores helicoidais	33
4.3.3.1 Dimensionamento do transportador lateral.....	34
4.3.3.2 Dimensionamento dos helicoides de espalhamento	35
4.3.3.3 Dimensionamento dos helicoides de escoamento no reservatório	36
5 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	39
5.1 Análise para determinar a lavoura adequada para os testes.....	39
5.2 Finalidade do teste.....	40
5.2.1 Máquinas e equipamentos utilizados para os testes.....	40
5.2.2 Parametrização das colhedoras	41
5.2.3 Metodologia dos ensaios	41
5.3 Resultado dos ensaios	42
6 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2015 o Brasil produziu 33,48% de todo café exportado no mundo seguido de países como Vietnã com 18,23% e Colômbia com 11,10%. Essa participação expressiva foi proporcionada pela alta qualidade e metodologias que viabilizam a produção em larga escala (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ, [2016]).

Não obstante o consumo interno de café também apresenta valores expressivos desde a estabilização ocorrida em 2012, atingindo em 2017 o valor de 21,99 milhões de sacas ainda no referido ano constata-se um consumo de 83litros/habitante.ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ, [2017]).

Atualmente o estado de Minas Gerais é responsável pela produção de 54,30% de todo café nacional, atingindo um volume de 24,45 milhões de sacas de 60kg (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2018).

Dentre as etapas do cultivo, a colheita se destaca por ser a mais complexa e onerosa do ponto de vista financeiro, logo tem-se continuamente buscado recursos para reduzir as despesas de colheita (SILVA, 2004 apud VELOSO, 2013, p. 1).

Comumente usa-se três métodos para efetuar a colheita do café, sendo eles: totalmente manual, semi-mecanizada e totalmente mecanizada. Na modalidade de colheita totalmente manual, não se emprega nenhum equipamento mecânico durante a derriça e colheita, já o processo semi-mecanizado destaca-se por utilizar algum tipo de equipamento mecânico no decorrer das operações, por conseguinte a colheita mecanizada é efetuada com o uso de máquinas tratorizadas ou auto-propelidas efetuando a operação de derriça (VELOSO,2013).

Desde a invenção das colhedoras de café em 1979, é crescente o uso desses equipamentos aliando-os às tecnologias atuais tendendo cada vez à utilização de sistemas autônomos. Segundo Kashima (1990, apud OLIVEIRA et al, 2007a, p. 1467) “o sistema de colheita mecanizada apresenta menor custo operacional e melhor qualidade dos frutos na cultura cafeeira, comparativamente ao sistema de colheita manual.”

Porém a aquisição das referidas máquinas são inviabilizadas pelo alto valor de mercado donde estima-se que podem custar quase meio milhão de reais, fator que limita o acesso a muitos produtores não possuem tal poder de compra.

No entanto existem derriçadores de café que se encontram em desuso devido a obsolescência de suas tecnologias, por conseguinte o valor de mercado dessas máquinas são relativamente atrativos sendo acessível aos cafeicultores de pequeno porte.

O derrçadores obsoletos, encontram-se em desuso devido pelo fato de não possuírem funções de armazenamento e transporte do café colhido, sendo que os frutos após serem colhidos são lançados direto ao solo, tendo que ser coletado de forma manual após a aplicação da máquina, essa metodologia pode aumentar o custo da colheita, oque justifica a diminuição do uso dessas máquinas.

Após efetuar pesquisas entre os diferentes tipos de colhedoras observou-se a possibilidade de efetuar um trabalho de reestruturação nos derrçadores obsoletos, citados anteriormente, dessa forma pode-se reduzir o custo da colheita e viabilizar a aquisição de máquinas que traduzem bons resultados ao cafeicultor.

As operações de melhorias nos derrçadores convertem-se em ações caracterizadas como engenharia de manutenção, a qual atua tanto na gestão e melhorias em procedimentos quanto na melhoria de máquinas e equipamentos possibilitando o aumento da vida útil e alcançando altas performances juntamente com reduções de custos nos processos produtivos, os projetos desenvolvidos pela engenharia de manutenção são na maioria das vezes pequenas mudanças nos projetos originais ou até mesmos implementações de componentes que atuam de forma conjunta à máquina (FARIA, 1994).

Contudo, busca-se implantar algumas funcionalidades existentes nas máquinas atuais, visando obter grandes resultados investindo um capital muito abaixo dos preços das máquinas novas.

Sendo comparado tanto o custo de aquisição entre as colhedoras quanto a quantidade de café colhido por ambas, haja vista que se os percentuais de custo e produção devem ser o mais próximo possíveis, para mensurar a viabilidade das melhorias.

Neste interim espera-se que o pequeno e médio produtor consiga reduzir de forma satisfatória o custo de produção, diminuindo o tempo de colheita obtendo melhor qualidade no produto.

2 EVOLUÇÃO DA MECANIZAÇÃO NA AGRICULTURA

Antes do século XVIII o setor agrícola utilizava ferramentas rudimentares confeccionadas em madeira ou ferro fundido, esses materiais não possuíam características mecânicas nem funcionalidades que possibilitasse o aumento da produtividade no meio rural (DERRY e WILLIANS, 1977 apud VIAN et al, 2013).

Com o início da revolução industrial e a crescente migração para zonas urbanas surge a necessidade de aumentar a produção de alimentos para suprir o acréscimo populacional, sendo este fato um impulsionador dos investimentos em melhores tecnologias no campo (VIAN et al, 2013)

De acordo com o fabricante de implementos agrícolas Jacto (2018) “as primeiras máquinas criadas foram as segadeiras, ou ceifadeiras, para a colheita de grãos em 1780 na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos — efetivamente utilizadas em 1833”.

Relata-se que as semeadoras foram os primeiros implementos que viabilizaram o aumento significativo na produtividade dos agricultores, sendo amplamente utilizada até o início do século XX, desenvolvidas na versão manual e também por tração animal (CARPANEZZI, 2018 p. 4).

A mecanização teve início durante a revolução industrial, que foi uma transição para novos processos de manufatura no período entre 1760 a algum momento entre 1820 e 1840, em que o homem passou a deixar de utilizar métodos de produção artesanais e começou a se importar com métodos de produção por máquinas (CARPANEZZI, 2018 p. 2).

O ser humano identificou a grande importância dos implementos agrícolas, justificando-se pela forma que facilitava na rotina do campo e, sistematicamente, elevavam os resultados na produção. Diante desse fato, passaram a produzir máquinas dedicadas para o setor agrícola, iniciando-se a fase conhecida como agricultura moderna, no ano de 1850 (JACTO, 2018).

Os objetivos da mecanização agrícola situam-se no aumento de produtividade, na diminuição de funções árduas e no aumento da agilidade ao executar tarefas agrárias mantendo um padrão de qualidade e custos competitivos, na globalização comercial de produtos oriundos da agricultura torna-se mais valoroso para o mercado o produtor que consegue produzir mais investindo cada vez menos.

2.1 O uso de tratores na agricultura

Destacando por ser uma das máquinas mais utilizadas em vários setores da agricultura, os tratores foram evoluindo conforme o surgimento das novas tecnologias, evidenciando sua importância para os trabalhadores do campo.

O primeiro trator do mundo foi concebido em 1892, por Froelich em Dakota do sul e posteriormente vendido para John Deere, servindo como protótipo para os tratores utilizados na época (VIAN et al, 2013).

Antes do desenvolvimento dos motores de combustão interna, eram utilizados tratores com propulsão a vapor, conforme ilustra a figura 01, essa máquina substituía alguns trabalhos que necessitaria utilizar a tração animal (O MUNDO VARIÁVEL, 2015).

Figura 01- Trator movido a vapor



Fonte: (O MUNDO VARIÁVEL, 2015)

O emprego de tratores nas plantações difundiu-se em meados de 1950, onde desenvolveu-se os motores de combustão interna, esses motores aliados à melhora dos aços possibilitaram a criação de mecanismos mais resistentes aumentando a produtividade e paulatinamente a proliferação dessas máquinas no dia-a-dia de trabalho dos agricultores (O MUNDO VARIÁVEL, 2015).

No Brasil “a produção do primeiro trator nacional foi iniciada em 1960, denominado *Fordson 1918*, sendo que coube à Ford Motor do Brasil S.A. a apresentação do 1º trator brasileiro, cujo lançamento se deu a 09/12/1960, em solenidade especial [...]” (TUDO ANTIGO, 2011).

Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) dentre os meses de janeiro e agosto de 2018, foram fabricados no Brasil 23837

tratores de rodas, enfatizando que a maior parte desses equipamentos serão utilizados de forma direta ou indireta na agricultura (ANFAVEA, 2018).

2.1.1 Tratores desenvolvidos para cafeicultura

Para atender de forma satisfatória as necessidades dos produtores de café, necessitou-se desenvolver modelos de trator que possibilitasse a livre movimentação dos maquinários no interior das lavouras haja vista que, nos limites passíveis de produção, as árvores de café são plantadas cada vez mais próximas uma das outras, compactando a plantação, e em regiões íngremes (MATIELLO, 2015).

O quadro 01 a baixo correlaciona as principais regiões montanhosas no Brasil onde o clima é favorável para o cultivo de café.

Quadro 01 - Cafeicultura em regiões montanhosas

Regiões	Área cafeeira (mil ha)	Produção anual de café (mil scs.)
Espirito Santo		
arabica	175	3,0
robusta	100	3,5
Total	275	6,5
Minas Gerais		
Z. Mata e Jequitinhonha	368	7,5
Sul de Minas	40	0,8
Total	408	8,3
São Paulo	20	0,5
Rio de Janeiro	13	0,2
Total Brasil	716	15,5

Fonte: (MATIELLO, 2015)

Para solucionar esses problemas os fabricantes desenvolveram tratores estreitos, quando comparados aos convencionais, cuja finalidade é acessar com facilidade os locais mais complexos da lavoura, o quadro 02 a seguir denota alguns modelos de tratores desenvolvidos com essa finalidade.

Quadro 02 - Dimensões e potência de tratores cafeeiros

Marca e modelo	Potencia (CV)	Bitola (m)
Yanmar 1145-4	39	0,96 a 1,27
1155-4	55	1,11 a 1,19
Agrale 4100	15	0,88 a 0,97
4104	40	1,06 a 1,20
Massey 250 XF	50	1,30

Fonte: (MATIELLO, 2015)

Conforme Garcia (2018,) “a bitola do trator se refere à distância de centro a centro dos pneus de um eixo. Os tratores podem ter a distância entre as rodas fixa ou regulável para se ajustar ao espaçamento das culturas”.

3 O SURGIMENTO DAS COLHEDORAS DE CAFÉ

Os primeiros mecanismos desenvolvidos para este fim surgiu no Brasil entre 1930 e 1940, quando um imigrante japonês com porte físico frágil conseguiu, nas lavouras de café, o seu primeiro emprego, no entanto era evidente a dificuldade em acompanhar o a produtividade alcançada pela maioria dos demais lavradores, para suprir essa deficiência Shunji Nishimura iniciou seus inventos obtendo bons resultados (NIPPO, 2017).

O princípio de funcionamento dessas máquinas baseia-se em sistemas hidráulicos, com varetas vibratórias fazendo o trabalho de derriça, compartimentos para efetuar o recolhimento, transportadores e sopradores para abanação e descarga do café na forma ensacada ou a granel (MESQUITA C.M., 2106).

Nos primeiros estudos de colheita mecanizada, nos anos de 1975 e 1976, foi projetado um conjunto autopropelido em forma de pórtico, tendo como fonte-motriz um trator agrícola. O objetivo principal desse conjunto foi o de levantar parâmetros de derriça, frequência e amplitude de vibração, características da vareta vibratória e transmissão de energia à planta (FAVA, 1990 apud OLIVEIRA et al, 2007b, p.2).

A máquina, denominada JACTO K-3, efetuava a colheita e simultaneamente segregava o café para posteriores processamentos. A figura 02 apresentada a seguir, demonstra a exposição da primeira colhedora de café no mundo.

Figura 02 - Exposição da colhedora Jacto K-3



Fonte: (MARTIN, 2013)

Uma das maiores dificuldades encontradas durante o processo de fabricação das máquinas consistia nas hastes vibratórias, pois os projetistas não possuíam conhecimento de materiais capazes de suportar as condições severas de trabalho, sendo que as hastes precisam

resistir a altas vibrações e impactos causados por choques mecânicos junto à lavoura (MARTIN, 2013). Sendo assim os primeiros experimentos resultaram em máquinas que não possibilitavam alta confiabilidade necessitando de reparos contínuos.

3.1 Mecanização da colheita de café

Na história do Brasil a cultura do café teve grande influência na evolução do país sendo destacada desde o período colonial (LIMA, [2018]).

A sobrevivência da cafeicultura está intimamente ligada à qualidade do produto, pois o café é um dos poucos derivados da agricultura que o valor comercial é mensurado através de características qualitativas. (Wiesel 1981, apud SAMPAIO, 2000). Para manter o alto índice de qualidade, deve-se colher apenas os frutos que atingiram o pico máximo de maturação, denominado colheita seletiva, tal colheita pode ser realizada utilizando método manual e também o método mecanizado configurando parâmetros da máquina atingindo o objetivo.

Uma das desvantagens de utilizar a colheita mecanizada encontra-se na grande desfolha do cafeeiro, quando comparado ao processo manual, podendo reduzir a quantidade produzida na próxima safra, tal fato também é influenciado pelos parâmetros adotados em consonância com as quantidades de seções são realizadas em uma mesma planta (BÁRTHOLO & GUIMARÃES 1997, apud OLIVEIRA et al, 2007a).

De acordo com Santinato, Silva e Santinato (2018 p.3) “a maioria das máquinas podem colher em terrenos com declividades de até 20%, no entanto máquinas com sistemas de suspensão individual e tração 4x4, e/ou máquinas de menor porte podem colher em declividades maiores.”

A grande utilização de máquinas nas colheitas está relacionada com a escassez de mão de obra aliada ao custo de produção, quando se compara entre os dois tipos de operação destaca-se um decréscimo de 62% quando faz-se uso de colheita mecanizada (OLIVEIRA et al, 2007, apud VAL JÚNIOR, 2015).

Com a redução da disponibilidade de mão de obra, os cafeicultores encontram na fase de colheita suas maiores dificuldades. Isso requer grande expansão da mecanização nessa atividade, principalmente em relação ao desenvolvimento de equipamentos e máquinas eficientes para a colheita mecânica (SILVA, 2008 apud FERREIRA JÚNIOR, 2014, p. 22).

A mecanização da colheita tende a aumentar sempre, pois quando se inicia um novo plantio projeta-se a lavoura para o emprego de máquinas condicionando a topografia de modo que possibilite a movimentação de máquinas para efetuar as operações necessárias, e como consequência reduz-se o uso de mão de obra em consonância com os ganhos financeiros.

3.1.1 Tipos de colhedoras

Devido a baixa aderência de vendas da máquina auto-propelida K-3, os fabricantes resolveram apostar em equipamentos mais simples e de menor custo, pois o muitos cafeicultores optaram por não investir valores altos em algo que poderiam danificar sua lavoura e não trazer nenhum retorno financeiro (MARTIN, 2013)

Para atender os produtores mais receosos e indecisos, a empresa Jacto, desenvolve um derriçador capaz de efetuar apenas a derriça dos frutos lançando-os ao chão e também com a necessidade de trator para gerar as energias mecânicas necessárias para executar a colheita.

As derriçadoras diferem das máquinas colhedoras por efetuarem a derriça do café de apenas um lado da planta. Alguns modelos tratorizados já possuem mecanismos de recolhimento dos frutos. A derriça geralmente é realizada sobre panos previamente distribuídos sobre o chão, junto e abaixo da linha dos cafeeiros (MESQUITA C.M., 2106 p. 20).

Com essa proposta desenvolve-se em 1983, um derriçador unilateral, intitulado como Kokinha, cujo intuito era simplificar a colheita e também acessar locais que não possibilitava o uso da máquina K-3, citada anteriormente (MARTIN, 2013).

A figura 03 apresentada a seguir ilustra o derriçador unilateral tratorizado, Kokinha, executando a colheita do café, com esse equipamento todo o produto oriundo da colheita é lançado direto ao solo e posteriormente apanhado de forma manual.

Figura 03 - Derriçador unilateral



Fonte: (MARTIN, 2013)

No ano de 1986 a fabricante Jacto apresenta a colhedora bilateral tratorizada denominada KOPLEX, conforme figura 04, logo, esta máquina também consiste em colher o café e lança-lo direto ao solo sendo necessário apanhar manualmente o café derriçado pela máquina (MARTIN, 2013).

Figura 04 - Colhedora KOPLEX



Fonte: (MARTIN, 2013)

3.2 Evolução colhedoras de café auto-propelidas

Os avanços tecnológicos alcançados pelas indústrias metalmeccânica, eletroeletrônica e principalmente computacional, possibilitaram grandes melhorias na colheita de café sendo possível substituir comandos hidráulicos convencionais, por *joystic* idênticos ao utilizados em jogos de computador, e painéis que antes eram dotados de botoeiras e indicadores analógicos foram trocados por monitores de sensíveis ao toque, facilitando a operação (JACTO, 2017).

As máquinas produzidas atualmente apresentam maior rendimento atingindo acima de 79% de eficiência de derriça (CASE IH, [2017]).

De acordo com o fabricante de colhedoras, Jacto (2017, p. 4), o modelo de máquina K3500 “permite operar em velocidades de até 2,5 km/h em colheitas seletivas, proporcionando ao cafeicultor colher mais rápido e com melhor qualidade e eficiência de derriça superior a 97%, mesmo em plantas de pequeno porte.”

Vale ressaltar algumas melhorias efetuadas acerca do conforto de operação, haja vista que as máquinas automotrizes possuem cabines hermeticamente fechadas com paredes dotadas de isolantes termoacústicos e climatizadores de ambiente tornando menos cansativa a jornada do operador (TDI., 2016) .

3.3 Evolução das colhedoras tracionadas

A maior modificação efetuada nas colhedoras tracionada pode ser descrita pela alteração dos geradores de trabalho sendo que nos modelos convencionais utiliza-se sistemas hidráulicos e atualmente pode-se optar por maquinas movidas a energia elétrica.

O funcionamento dessa máquina obedece, o seguinte princípio:

O trator, fonte de potência, transmite através de uma rotação adequada a força necessária para o funcionamento do alternador. Este transforma a potência em energia elétrica, que é repassada aos vários motores elétricos instalados na colhedora, que são responsáveis pelo seu funcionamento.
(MAKREIS, 2018 p. 1).

A figura 05 demonstra o gerador de eletricidade aplicado a esse tipo de colhedora.

Figura 05 - Colhedora elétrica



Fonte: (Adaptado de MAKREIS, 2018)

4 MODIFICAÇÃO DAS MÁQUINAS

Dentre as principais máquinas ofertadas no mercado pode-se fazer analogias de viabilidade de utilização em detrimento de produção em consonância com o custo de aquisição avaliando a aplicabilidade mais indicada para realidade do agricultor cafeeiro.

Os produtores de café adquirem colhedoras conforme a demanda de produção e arquitetura da lavoura, com isso os grandes cafeicultores optam por máquinas automotrizes cuja capacidade de colheita é superior as outras máquinas tracionadas, já os pequenos e médio produtores optam por máquinas tracionadas com menor custo de aquisição e que atendam as demandas solicitadas pela lavoura .

As inserções de novas tecnologias resultaram na obsolescência das máquinas que efetuam apenas a derriça do café, sendo paulatinamente abandonadas pelos proprietários, haja vista que existem muitas máquinas derriçadeiras em estado de abandono nas propriedades rurais.

Dessa forma busca-se efetuar alterações no projeto original das máquinas derriçadeiras bilaterais tracionadas, que se encontram inutilizadas, transformando-as em colhedoras que permitam a derriça e o transporte simultâneo dos grãos para caçamba de tratores que movimentam paralelamente à máquina, essa reengenharia traduz-se em uma opção viável para os pequenos e médio produtores.

4.1 Análise de viabilidade das adaptações

As melhorias foram efetuadas em um derriçador bi-lateral, modelo KOPLEX, fabricado pela empresa Jacto em 1988, cujo custo de mercado é aproximadamente R\$ 40.000,00 (informação verbal)¹, e os custos com as adaptações aproximam-se de R\$52.000,00.

Para justificar o custo-benefício das operações adaptativas, comparou-se os valores de mercado entre as colhedoras, novas e usadas, dotadas das mesmas características do protótipo/máquina após as modificações. Logo pesquisou-se os preços das máquinas novas, junto aos concessionários, e também das máquinas seminovas, efetuando pesquisa em *site* especializado.

¹ Valor fornecido por Fernando Iberê Nascimento Júnior, proprietário do derriçador, setembro de 2018.

Antes de apresentar qualquer valor inerente às colhedoras, é de suma importância ressaltar que no Brasil não há institutos que estipulam valores tabelados, ficando a cargo dos técnicos e proprietários estimar a depreciação de sua máquina (SILVA A. S. et al, 2018).

Abaixo tem-se os valores das máquinas novas mais populares entre os cafeicultores.

- Colhedora nova, modelo Coffe Express 100, fabricada por CASE IH *Agriculture* em 2018, possui custo mínimo de R\$320.000,00 (informação verbal)²;
- Colhedora nova, modelo KTR3500, fabricada por JACTO em 2018, possui custo mínimo de R\$488.000,00 (informação verbal)³.

Na sequência lista-se os valores dos mesmos modelos citados acima, porém seminovos.

- Colhedora seminova, modelo Coffe Express 100, fabricada por CASE IH *Agriculture* em 2007, ofertada a R\$140.000,00 (MFRURAL, 2018);
- Colhedora seminova, modelo KTR advanced, fabricada por JACTO em 2004, ofertada a R\$150.000,00 (MFRURAL, 2018).

O quadro 03 sintetiza os valores coletados e os compara ao custo estimado da colhedora reestruturada, vale ressaltar que o custo do protótipo engloba todos os valores agregados, inclusive os custos com mão de obra envolvida durante o processo.

Quadro 03 - Comparação de custos entre máquinas

DADOS DAS COLHEADORAS		CUSTOS DAS COLHEADORAS			
Fabricante	Modelo	Colhedora nova	Ano de fabricação	Colhedora semi-nova	Ano de fabricação
CASE IH	Coffe Express 100	R\$ 320.000,00	2018	R\$ 140.000,00	2007
JACTO	KTR	R\$ 488.000,00	2018	R\$ 150.000,00	2004
VALOR MÉDIO		R\$ 404.000,00		R\$ 145.000,00	
JACTO KOPLEX (reestruturada)		R\$ 92.000,00		R\$ 92.000,00	
DIFERENÇA MÉDIA		R\$ 312.000,00		R\$ 53.000,00	

Fonte: O autor (2018).

² Valor fornecido por Ellen Barbosa, vendedora na empresa Racine Tratores, em Alfenas, em setembro de 2018.

³ Valor fornecido por Atayde Silva, vendedor na empresa grupo JACTO, em Pompéia, em setembro de 2018.

Diante dos custos envolvidos, presume-se que a reengenharia pode ser viável, justificando-se pelo custo relativamente baixo, tornando factível a aquisição por parte dos pequenos e médios produtores.

4.2 Reestruturação das máquinas em desuso

A implementação do projeto consiste em instalar elementos que viabilize a vedação dos grãos derriçados encaminhando-os para compartimentos capazes de armazenar a quantidade frutos que superem o volume de café transportado para caçambas externas que movimentam em paralelo com a máquina, dessa forma alcança-se maiores rendimentos na colheita.

A reestruturação dessas máquinas é efetuada empregando transportadores de corrente, elevador de canecas, transportadores helicoidal e lâminas retráteis.

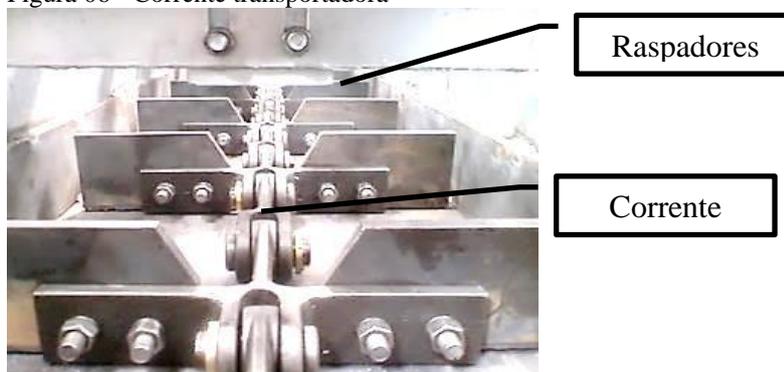
4.2.1 Transportadores por corrente

Este equipamento efetua o transporte de grão no sentido horizontal ou inclinado, possibilitando inúmeras aplicações na agroindústria.

De acordo com Martinez ([2010], p. 71) o transportador de corrente é “constituído basicamente de uma corrente, com raspadores (taliscas), que se move entre duas estações (rodas dentadas), uma de mando e outra de esticagem; a corrente desliza sobre uma prancheta, arrastando os grãos dentro de uma caixa metálica fechada”.

A figura 06 apresentada a seguir demonstra a corrente e os respectivos raspadores.

Figura 06 - Corrente transportadora



Fonte: (Adaptado, AVAC..., [2016])

4.2.1.1 Dimensionamento dos transportadores de corrente

Em função da vazão de produtos em determinadas situações de uso pode-se empregar a equação 01 sugerida por Martinez ([2010], p. 72) logo alguns fabricantes possuem alguns modelos já pré-estabelecidos.

$$Q = \frac{3600 \times A \times v \times \rho \times B}{1000} \quad (1)$$

Onde:

Q = capacidade de abastecimento [kg/h];

A = altura média dos grãos transportados [m];

v = velocidade da corrente [m/s];

ρ = massa específica do grão [kg/m³];

B = largura de arraste da corrente [m].

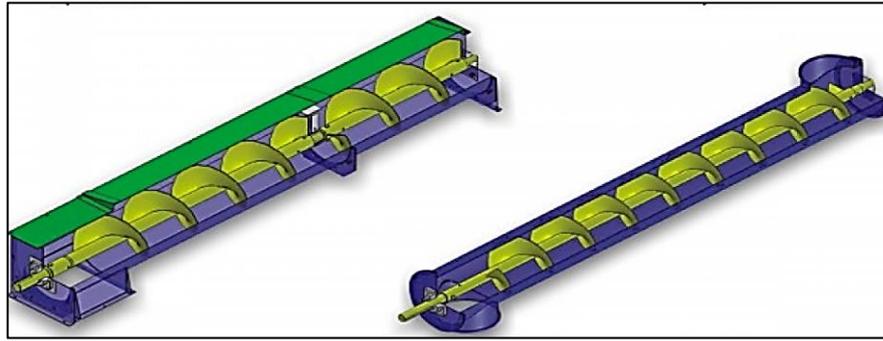
4.2.2 Transportadores helicoidal

Também conhecido como rosca, trua ou caracol, efetua o transporte de grãos através de um helicóide que gira continuamente arrastando efetuando o arraste dos grãos que estão em contato com as arestas do transportador.

Martinez ([2010], p. 56) afirma que o transportador helicoidal “é constituído basicamente por um tubo ou calha, dentro do qual se localiza o helicóide, que é montado sobre um eixo que se apoia nas extremidades em mancais de rolamento auto-compensadores de rolo, e na parte intermediária, em mancais de deslizamento.”

A figura 07 ilustra o transportador helicoidal, podendo variar de dimensões devido a vazão necessária.

Figura 07 - Transportador helicoidal



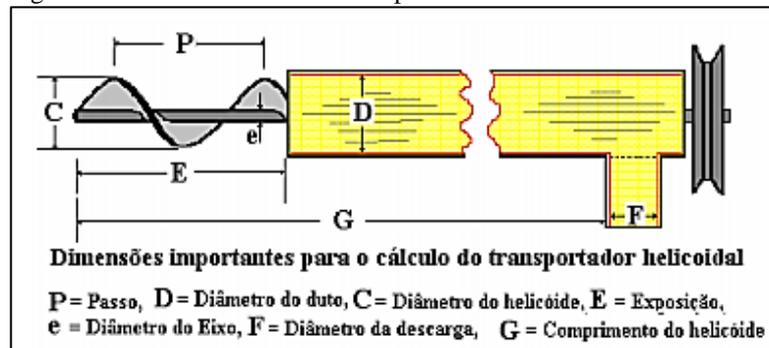
Fonte: (BECKER, [2018])

4.2.2.1 Dimensionamento dos transportadores helicoidais

De acordo com Silva et al. ([2008]) o dimensionamento “consiste em estimar a capacidade do transportador e a potência necessária para a execução de determinados trabalhos. A capacidade é função do tipo de produto e da taxa de carga.”

A figura 08 é demonstrado algumas características que influenciam no dimensionamento das roscas transportadoras.

Figura 08 - Características dos transportadores helicoidais



Fonte: Silva et al. ([2008])

De acordo com a vazão demandada pelo sistema de transporte, deve-se aplicar a equação 02 a seguir, proposta por Silva et al ([2008], p. 301).

$$Q = 4,71 \times 10^{-5} (C^2 - d^2) \times P \times N \quad (2)$$

Onde:

Q = Vazão ou capacidade de transporte [m³/h];

C = Diâmetro do helicóide [cm];

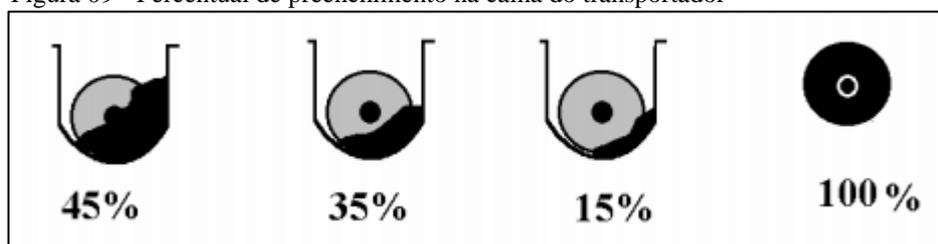
d = Diâmetro do eixo do helicóide [cm];

P = Passo do helicóide [cm];

N = Rotação do helicóide [rpm].

Em decorrência do tipo de material a ser transportado, deve-se estimar o preenchimento da calha sendo que em alguns casos o não se pode submergir o helicóide. A figura 09 denota as porcentagens de preenchimento no transportador.

Figura 09 - Percentual de preenchimento na calha do transportador



Fonte: (Silva et al. ([2008])

A carga máxima de 45% destina-se a grãos ou material fino que não possui características abrasivas. A carga de 35% é adequada ao trabalho com materiais abrasivos, torrões e misturas de torrões com materiais finos. É também adequada para materiais fibrosos e polpas. Quando se trabalha com materiais pesados, abrasivos ou fibrosos, como o feno cortado e a areia, ela não deve ultrapassar 15%. Para condutores tubulares, como é o caso de grãos agrícolas, pode-se trabalhar até com 100% de carga (Id., 2009, p. 301).

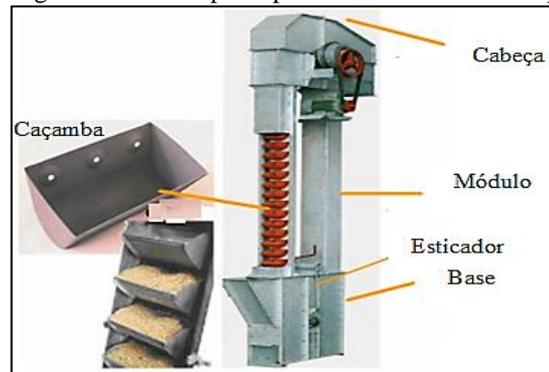
4.2.3 Elevadores de caçambas

De acordo com JMS... ([2016], p.2) os elevadores de caçambas são “equipamentos destinados a transporte por elevação para diversos produtos. As canecas são fixadas em correias ou correntes de acordo com o material transportado pelo mesmo.”

Elevar os grãos a uma altura suficiente, para despejá-los em algum ponto pré-determinado através das tubulações. É composto de uma correia ou corrente sem-fim, onde se fixam as caçambas ou canecas uniformemente espaçadas, que se movimentam numa direção vertical, ou quase, sobre duas polias ou rodas dentadas uma superior e outra inferior, são equipamentos silenciosos, de vida útil elevada se feita a manutenção preventiva, e consomem baixa potência por volume transportado (Martinez ([2010], p. 25).

As componentes principais dos elevadores (figura 10) se dividem em cinco partes: cabeça, módulos, base, correia ou corrente e caçambas.

Figura 10 - Partes principais dos elevadores de caçamba



Fonte: (Adaptado, Silva et al. ([2008])

- a) Cabeça: parte superior onde se localiza o sistema motor juntamente com a polia motora responsável por movimentar o correão ou a corrente;
- b) Módulo: é a estrutura central do elevador;
- c) Base: é a parte inferior onde se localiza os tensionadores e a polia movida que apoia a correia transportadora;
- d) Correia ou corrente: é a componente onde é fixado os canecas e se movimenta no sentido tangencial as polias proporcionando a elevação dos produtos;
- e) Caçambas: são os componentes cuja finalidade é coletar os produtos.

4.2.3.1 Dimensionamento dos elevadores de caçambas

O fluxo de produto suportado para um determinado elevador pode ser calculado utilizando a equação 03, proposta por Martinez (2017 p. 25).

$$Q = \frac{60 \times Cc \times v \times \mu}{Ec} \quad (3)$$

Onde:

Q = capacidade de transporte [m^3/h]

Cc = capacidade da caçamba [m^3]

v = velocidade linear da correia [m/s]

Ec = espaçamento entre caçamba [m]

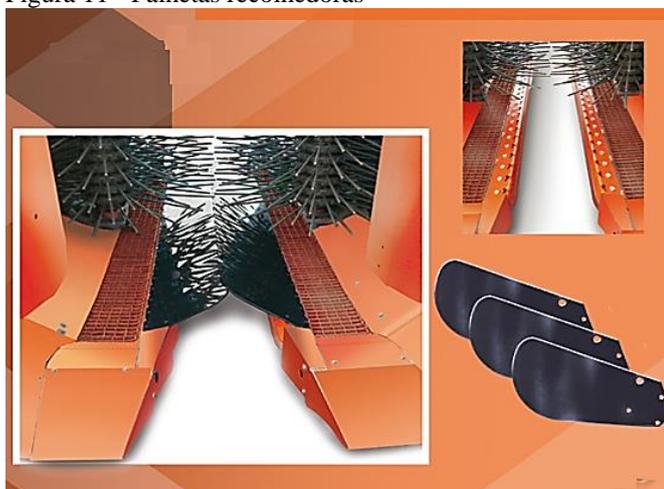
μ = fator de enchimento das caçambas (0,75 a 1)

5.1.4 Lâminas retráteis

As lâminas ou palhetas recolhedoras são fornecidas por diversos fabricantes sendo comercializadas em conjuntos de mecanismos cujo efeito mola advém de borrachas presas junto à estrutura. Estes conjuntos são desenvolvidos de acordo com os modelos de derriçadeira.

A figura a seguir, ilustra as lâminas comercializadas para adaptações.

Figura 11 - Palhetas recolhedoras



Fonte: (Adaptado, PROTEC-FRAN, [2018])

4.3 Confeção do protótipo

Para estimar as dimensões dos equipamentos, avaliou-se a quantidade de café colhido no intervalo de uma hora, os valores foram mensurados pelo proprietário, referenciando de anos anteriores, no entanto faz-se necessário majorar os valores fornecidos, haja vista que podem ocorrer perdas no ao derriçar o café direto ao solo e posteriormente colhe-lo de forma manual.

Logo, o produtor em questão, afirmou que a referida máquina colhera aproximadamente $3,80\text{m}^3/\text{h}$, para fins de cálculos estimou-se que o derriçador poderia alcançar a vazão de $4,20\text{m}^3/\text{h}$.

4.3.1 Reservatório de para o café colhido

Apesar da transferência de café para a carreta auxiliar ser contínua, deve-se prever um tempo de armazenagem, haja vista que ao alcançar o volume máximo suportado pela carreta o operador da máquina deverá interromper o processo de transferência e o operador da carreta se deslocará ao ponto mais próximo para descarregar o café colhido.

Para dimensionar o volume dos reservatório estimou-se que a máquina deve possuir autonomia de armazenagem de até vinte minutos. Este intervalo foi determinado para suprir o tempo de trajeto e descarga da carreta auxiliar.

Sendo assim estima-se que o volume máximo de autonomia deverá ser de $1,40\text{m}^3$, levando em conta a geometria mais adequada obteve-se o reservatório conforme a figura 12.

Figura 12 - Reservatório da máquina



Fonte: O autor (2018).

4.3.2 Cálculos para dimensionar os transportadores por corrente

A figura 14 apresenta a disposição dos transportadores por corrente, e os respectivos recolhedores. Analisando o conjunto verifica-se que a carga de café se dividida em duas partes, logo a vazão de cada transportador também deverá ser dividida.

Para determinar a largura dos arrastadores aplicou-se os seguintes parâmetros:

- vazão (Q) $2,10\text{m}^3/\text{h}$;
- altura do grão (A) $0,018\text{m}$; (CAFEICULTURA, 2010)
- velocidade da corrente (v) $0,70\text{ m/s}$;

d) massa específica aparente (ρ) 572,10kg/m³ (Adaptado, COUTO, S.M.et al, p., 63)

De acordo com a equação para do transportador temos:

$$2,10 = \frac{3600 \times 0,018 \times 0,3 \times 572,10 \times B}{1000}$$

$$B = 0,19m$$

Diante do valor obtido, sabe-se que a largura mínima para atender a demanda seria 19cm, porém no mercado comercializa-se arrastadores com altura mínima de 3cm e largura mínima de 28cm. Dessa forma estima-se que a máquina estará operando a 67% da capacidade máxima.

Figura 13 - Transportador por corrente montados na máquina



Fonte: O autor (2018).

4.3.3 Cálculos para dimensionar os transportadores helicoidais

O protótipo foi dotado de três transportadores helicoidais, efetuando funções distintas, sendo-as aplicadas no transporte lateral ou bica, no espalhamento do café no interior do reservatório e também na transferência do reservatório para o transportador lateral.

De acordo com os cálculos subsequentes dimensiona-se as roscas transportadoras para efetuar a montagem. Neste protótipo padronizou-se a rotação máxima de 200rpm, sendo variável de acordo com a aplicação.

4.3.3.1 Dimensionamento do transportador lateral

A figura 15 apresenta a rosca lateral, esse componente efetua a transferência do café constante do reservatório da máquina para a caçamba receptora, caçamba essa que acompanha a máquina durante toda a operação.

O transportador lateral deve ser capaz de escoar toda vazão de café colhido pela máquina, mantendo os reservatórios com a carga mínima possível.

Pelo fato da calha ser tubular e o produto de tratar de café, pode-se considerar o total preenchimento no interior da rosca, essa premissa resultará em menor diâmetro de calha e conseqüentemente a redução de custo em materiais.

Para obter as dimensões do helicóide fez-se pesquisas de mercado buscando os helicóides disponíveis para compra, cujo preço fosse acessível e suprisse a vazão demandada.

Após a pesquisa obteve-se os seguintes parâmetros:

- a) vazão (Q) 4,20m³/h;
- b) diâmetro do helicóide (C) 15,50cm;
- c) diâmetro do eixo do helicóide (d) 3,80cm;
- d) Passo do helicóide (P) 15,00cm;
- e) Rotação do helicóide (N) 27rpm.

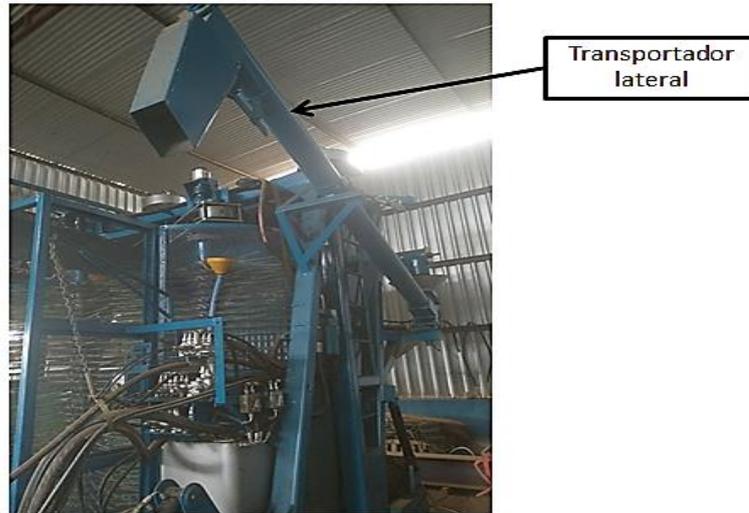
$$Q = 4,71 \times 10^{-5} (15,50^2 - 3,80^2) \times 15 \times 27$$

$$Q = 4,31m^3/h$$

De acordo com a vazão obtida pode-se aplicar o transportador com essas dimensões, vale ressaltar que o sistema motor possibilita mudanças de rotação e como consequência a vazão poderá se aumentada.

Para aquisição da calha do transportador optou-se em aplicar um tubo fabricado em aço 1045, contendo diâmetro interno de 15,70cm e diâmetro externo de 16,80cm e comprimento de 350cm.

Figura 14 - Transportador lateral



Fonte: O autor (2018).

4.3.3.2 Dimensionamento dos helicoides de espalhamento

Os helicoides de espalhamento não foram dimensionados para vazões que possibilite apenas a movimentação dos grãos na parte superior do reservatório, por conseguinte opta-se por aplicar as mesmas dimensões do helicóide do transportador lateral, visto anteriormente, essa medida foi tomada para padronizar os helicoides visando redução nos custos.

No entanto após alguns experimentos notou-se a obtenção de melhores resultados aplicando helicoides que impulsionasse os grãos em sentidos opostos, para tal opta-se por alterar a disposição dos helicoides em um só eixo de forma que a rotação é efetuada no mesmo sentido. A figura 15 expõe a rosca de homogeneização, com seus helicoides opostos.

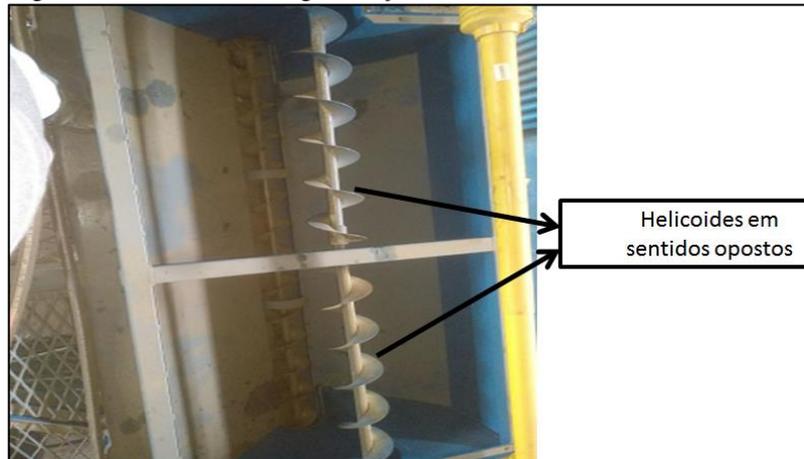
Logo, tem-se como variável a rotação do eixo principal a qual foi ajustada para atuar em 10rpm, refazendo os cálculos tem-se a seguinte vazão.

$$Q = 4,71 \times 10^{-5} (15,50^2 - 3,80^2) \times 15 \times 10$$

$$Q = 1,60 \text{ m}^3/\text{h}$$

Senso assim, vazão de 1,60m³/h, garante a disposição homogênea do café no interior do reservatório garantindo um o preenchimento total.

Figura 15 - Rosca de homogeneização



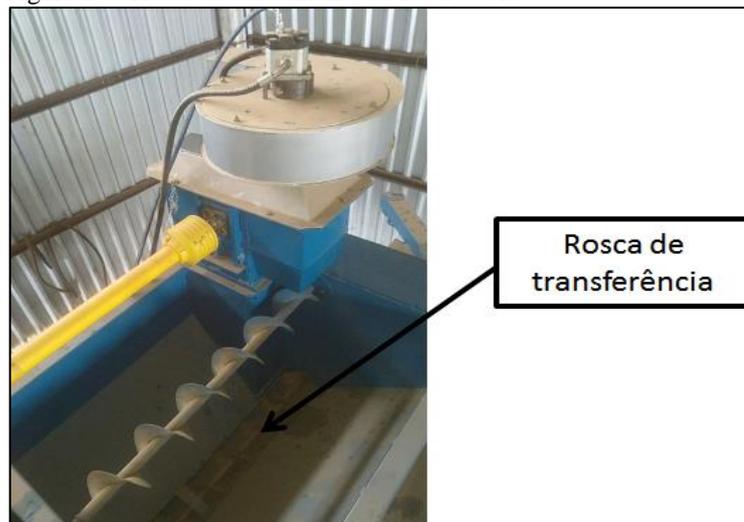
Fonte: O autor (2018).

4.3.3.3 Dimensionamento dos helicoides de escoamento no reservatório

Este transportador tem a função de enviar todo o café constante no interior do reservatório para a bica lateral, dessa forma suas dimensões e parâmetros devem obedecer aos mesmos critérios e considerações efetuadas para dimensionar a o transportador que envia para a carreta auxiliar.

A figura 16 denota a localização dos helicoides no fundo do reservatório.

Figura 16 - Rosca de escoamento do reservatório



Fonte: O autor (2018).

4.3.4 Dimensionamento dos elevadores de caçamba

O protótipo foi dotado de dois elevadores com as mesmas características, conforme ilustrado na figura 17, sendo-os ligados diretamente na saída dos transportadores por corrente, os elevadores são necessários para transferir o café derrizado, que se encontram na parte inferior da máquina e direcioná-los para o reservatório superior.

Após verificar os possíveis modelos de elevadores compatíveis para essa aplicação optou-se em utilizar elevadores de caçamba com volume de meio litro o equivalente a $5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ por caçamba. Logo estima-se os seguintes valores para dimensionamento:

- a) vazão (Q) $2,10 \text{ m}^3/\text{h}$;
- b) capacidade da caçamba (Cc) a $5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$;
- c) velocidade da linear da corrente (v) 28 m/s ;
- d) espaçamento entre caçamba (Ec) $0,30 \text{ [m]}$;
- e) fator de enchimento das caçambas ($0,75$ a 1).

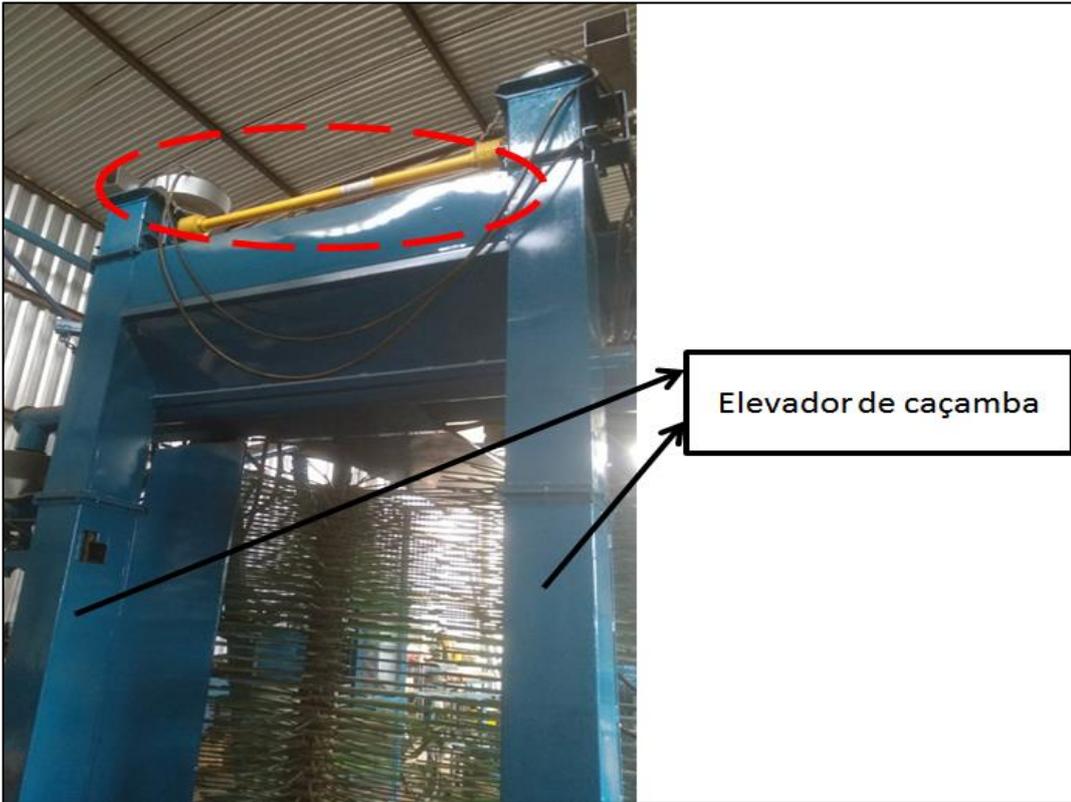
$$Q = \frac{60 \times 5 \times 10^{-4} \times 28 \times 0,75}{0,3}$$

$$Q = 2,10 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cada elevador possui quatro metros de altura, e o diâmetro médio das polias são $0,30 \text{ m}$, efetuando a divisões pelo comprimento das correntes define-se que elevadores serão dotados de 30 caçambas cada.

No intuito de manter sempre a mesma vazão em ambos, o sistema motor é interligado através de um cardam conforme destacado na figura 17.

Figura 17 - Elevadores de caçamba



Fonte: O autor (2018).

5 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Após efetuar a montagem da colhedeira e seus respectivos testes em oficina, realizou-se avaliações de campo para analisar o desempenho da máquina reestruturada.

As operações foram efetuadas no município Boa Esperança – MG, nas dependências da fazenda Santa Maria, cuja área total de lavoura correspondem a quinhentos hectares.

Para efetuar os primeiros testes operacionais optou-se em realizar a derriça durante doze horas, visando ajustar e corrigir alguma anomalia que eventualmente viesse a ocorrer. Conforme já esperado foi necessário corrigir alguns vazamentos no sistema hidráulico e também ajustar parâmetros no sistema das hastes vibratórias.

A regulagem operacional é baseada em 2 fatores principais, a velocidade de deslocamento da máquina e a vibração no rolo e varetas derriçadoras. A velocidade é o fator mais importante, pois influi tanto na eficiência da derriça como no rendimento do trabalho, ou seja, o tempo gasto por há (MATIELLO, [2014], p. 1).

Sendo assim, o primeiro teste não foi utilizado para verificar a o rendimento da máquina, mas sim para estipular formas que a colhedora poderá atingir o melhor desempenho.

5.1 Análise para determinar a lavoura adequada para os testes

Essa verificação inicial visa avaliar qual área plantada possui melhor uniformidade de carga cafeeira, qual possui maior planeza e espaço para a movimentação das máquinas, haja vista que para a lavoura é um fator determinante na quantidade de café colhido pela máquina.

A colheita pode ser realizada em uma ou mais passadas da máquina pelo cafezal, diante disso optou-se em efetuar apenas uma passada, pois o objetivo principal é avaliar o desempenho da máquina.

Para lograr resultados satisfatórios, em uma só passada, a lavoura deve estar com um alto grau de maturação, estando com a maior parte dos grãos secos essa premissa garante que a eficiência de derriça seja superior a 90% (MATIELLO, [2014]).

Ante as diversidades existentes nas lavouras constantes na fazenda, optou-se em delimitar 20há, cuja inclinação do terreno é inferior a 10% e os frutos estão em sua maioria secos.

De acordo com o proprietário, o engenheiro agrônomo responsável pela fazenda, efetuou levantamentos de produção na corrente safra de 2018, dessa forma estima-se que a área escolhida poderá atingir o pico máximo de 45 sacas de café beneficiado para cada hectare (informação verbal)⁴. No entanto as comparações entre as máquinas são feitas em volume de café em casca, ou seja direto da lavoura sem nenhum processamento; logo a conversão é feita partindo do pressuposto que uma saca corresponde ao volume de 480 a 500 litros de café em casca (FUNDAÇÃO... 2016). Dessa forma opta-se pelo menor valor, no intuito de assegurar maior confiabilidade nos valores obtidos.

5.2 Finalidade do teste

O ensaio para mensurar a quantidade de café colhido pelo protótipo foi efetuado no intuito de comparar o volume de café colhido por uma máquina comercializada com originalmente com as mesmas funções inseridas no protótipo. Os valores e diferença no rendimento entre ambas possibilita constatar se realmente a economia financeira é justificada pelo desempenho.

5.2.1 Máquinas e equipamentos utilizados para os testes

Durante os ensaios fez-se uso de tratores para o arraste das colhedoras e também utilizados para movimentar a caçamba receptora do café derriçado, o quadro 04 a seguir apresenta os dados inerentes a todas as máquinas envolvidas e suas respectivas funções no processo.

⁴ Valor fornecido por Fernando Iberê Nascimento Júnior, proprietário da fazenda, setembro de 2018.

Quadro 04 - Máquinas utilizadas nos testes

FABRICANTE	MODELO	DESCRIÇÃO	ANO DE FABRICAÇÃO	POTÊNCIA	CAPACIDADE	FUNÇÃO
Jacto	Koplex	Colhedora de café (protótipo)	1988			Efetuar a derricha
Jacto	KTR3500	colhedora de café (original)	2014			Efetuar a derricha
Valtra	A650	Trator	2016	66CV		Deslocar a colhedora e fornecer energia para a máquina
Valtra	A650	Trator	2013	66CV		Deslocar a carre basculante
TDI	Cafeeira 4200	Carreta basculante	2017		4200l	Armazenar o café derrichado ao longo da colheita

Fonte: O autor (2018).

5.2.2 Parametrização das colhedoras

A determinação das variáveis que influenciam nos resultados, foram inseridas de forma igualitária para ambas as colhedoras, com isso garante-se a que os valores alcançados advenham das mesmas condições sendo tendo como base a homogeneidade da lavoura.

Para realização da derricha estimou-se 600m/h com deslocamento padrão das máquinas e 12Hz para a vibração nos conjuntos de haste, esses valores deverão seguir inalterados durante todo o ensaio, no intuito de não mascarar os resultados os operadores atuaram de forma exclusiva ficando a disposição para o decorrer dos testes e exercendo a mesma função durante o período de derricha.

5.2.3 Metodologia dos ensaios

A baixo descreve-se as operações padronizadas para os testes, sendo impassível de alterações durante todo o processo, esses procedimentos foram previamente estabelecidos com o auxílio do proprietário da lavoura pois os operadores são funcionários da fazenda.

Para facilitar a leitura de volumes no interior da caçamba, desenvolveu-se medidores de nível capazes de transmitir a quantidade de café colhido sem precisar de executar nenhum cálculo adicional.

- Os ensaios deveram ocorrer em dias distintos e subsequentes;

- Para cada dia deve-se efetuar a colheita durante doze horas;
- Os equipamentos devem ser munidos de mecanismos anulem possíveis erros de paralaxe;
- O volume de café derrichado deverá ser anotado a cada hora;
- Deve-se padronizar os operadores de forma que executem as mesmas funções durante todas as etapas de teste;
- Os horários de pausa devem ser idênticos para os dias de ensaios, sendo rigorosamente igual tanto para início quanto para término de pausas obrigatórias;
- Deve-se parar a colheita quando a caçamba se preencher completamente e for descarregar.

5.3 Resultado dos ensaios

No primeiro dia iniciou-se a colheita utilizando a máquina KOPLEX 1988, reestruturada, sendo possível efetuar a derricha durante as doze horas sem nenhuma parada para reajustes no equipamento. As operações de ensaio iniciou-se as 06:00 horas da manhã se estendendo até as 19:00 horas da noite contendo uma pausa de uma hora para refeições.

No dia posterior efetuou os ensaios utilizando a máquina KTR3500, seguindo os mesmos horários do dia anterior, por conseguinte também não foram registrados nenhuma anomalia inerente à máquina, possibilitando a ocorrência normal dos testes.

O quadro 05 apresenta os resultados da colheita, explicitando algumas relações que possibilita analisar se realmente é viável aplicar a engenharia de manutenção para melhorias nesses equipamentos.

Quadro 05 - Comparação de rendimento das máquinas

INTERVALOS DO DIA (hora)	QUANTIDADE DE CAFÉ COLHIDO (m³/h)		PERCENTUAL MÉDIO (KOPLEX/KTR)
	KOPLEX	JACTO3500	
06:00 - 07:00	3,70	5,89	62,61%
07:00 - 08:00	3,50	6,00	
08:00 - 09:00	3,80	5,35	
09:00 - 10:00	3,95	6,00	
10:00 - 11:00	3,75	6,03	
11:00 - 12:00			
12:00 - 13:00	3,60	5,90	
13:00 - 14:00	4,00	5,90	
14:00 - 15:00	3,90	5,99	
15:00 - 16:00	3,30	5,88	
16:00 - 17:00	3,50	6,05	
17:00 - 18:00	3,75	5,95	
18:00 - 19:00	3,85	6,30	
TOTAL	44,60	71,23	
MÉDIA	3,75	5,97	
DESVIO PADÃO	0,21	0,22	

Fonte: O autor (2018).

Perante os resultados obtidos, e a grande diferença entre os custos de aquisição certifica-se que a colhedora, KOPLEX reestruturada, alcança resultados satisfatórios, se comparados à trabalhos manuais tornando o investimento é uma opção assertiva.

Sendo assim pode-se efetuar melhorias no protótipo buscando aumentar o rendimento da máquina e possibilitando um volume de colheita mais próximo das máquinas concorrentes, porém mantendo um baixo custo de aquisição se comparada a outras máquinas de mesma categoria. Outro aspecto importante situa-se em adequar a máquina conforme as orientações das normas vigentes.

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que existem ganhos satisfatórios no tocante a modificações nas máquinas colhedoras cujos recursos operacionais são limitados, tornando possível aumentar a produtividade do cafeicultor dispondo de baixo recurso.

De posse de valores oriundos de verificações e comparações entre os modelos de colhedoras constata-se que do ponto de vista financeiro, a colhedora que passou pelo processo de reengenharia é uma opção capaz de reduzir o tempo de colheita, diminuir o custo da derriça e também gerar retornos em tempos mais curtos.

Na performance operacional, pode-se efetuar melhorias para situações que poderão surgir ao decorrer das safras, tendo em vista que as hastes vibratórias continuam sendo as desenvolvidas no projeto original, os sistemas de suspensão também permaneceram originais sendo apenas implantados sistemas de coleta e transporte do café pós derriça.

Já ao se tratar da quantidade e qualidade de derriça ressalta-se o bom resultado apresentado, haja vista que o protótipo não agrediu o cafezal e também apresentou boa efetividade na derriça, haja vista que se o comparar os cafés derriçados pelo protótipo e pela máquina KTR3500, visivelmente não notou-se grandes diferenças.

No decorrer os ensaios verifica-se algumas deficiências nos sistema de suspensão da máquina adotada, oque posteriormente sofrerá melhorias que possibilitarão o uso da máquina em terrenos mais acentuados, visto que os fabricantes de modo geral instruem os operadores a não utilizar as máquinas em terrenos com inclinação acima de 20%.

Outro aspecto importante situa-se nos parâmetros da máquina, pois as intensidades de frequência nas hastes são fatores de grande relevância atuando diretamente a produtividade da máquina, no presente trabalho não levou-se em consideração mudanças no conjunto vibratório podendo ser facilmente alterada pelo operador em no dia-a-dia da colheita.

Neste interim, nota-se que apesar de se obter resultados satisfatórios, pode-se efetuar pequenas melhorias em vários componentes da máquina o que proporcionará resultados ainda melhores, capazes de aumentar consideravelmente a eficiência.

REFERÊNCIAS

- ANFAVEA (São Paulo). **Extatísticas**, 2018. Não paginado. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/docs/ConsolidadodeTratoresdeRodaseColheitadeiras2018paraSite.xlsx>>. Acesso em: 02 set. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE CAFÉ (Rio de Janeiro). **Exportação mundial**, [2016]. Não paginado. Disponível em: < <http://abic.com.br/estatisticas/exportacoes/exportacao-mundial/>>. Acesso em: 10 ago. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE CAFÉ (Rio de Janeiro). **Consumo interno de café mantém crescimento em 2017**, [2017]. Não paginado. Disponível em: <<http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2017/>>. Acesso em: 10 ago. 2018.
- AVAC COMÉRCIO DE MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS & ASSESSORIA TÉCNICA LTDA (São Paulo). **Transporte de Corrente de Arraste Tipo Redler**, [2016]. Não paginado. Disponível em: <<http://www.avac.ind.br/transportesRedler.aspx>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- BECKER METALURGICA INDUSTRIAL. **Transportador helicoidal**, [2018]. Não paginado. Disponível em: <<http://www.carlosbecker.com.br/produtos/detalhes/industrial/transportador-helicoidal/transportador-helicoidal>>. Acesso em: 19 set. 2018.
- CARPANEZZI, Leonardo. **História e evolução da mecanização**, Garça, p. 1-5, jan. 2018. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/CxbNYOvf8fSKep0_2018-1-25-14-45-46.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2018.
- CASE IH. **Colhedoras e colheitadeiras de café**, [2017]. Não paginado. Disponível em: <<https://www.caseih.com/latam/pt-br/products/colhedoras-e-colheitadeiras/colhedoras-de-caf%c3%a9>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- COUTO, S. M. et al. MASSA ESPECÍFICA APARENTE E REAL E POROSIDADE DE GRÃOS DE CAFÉ EM FUNÇÃO DO TEOR DE UMIDADE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 61-68, jul. 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v3n1/1415-4366-rbeaa-03-01-0061.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA : **Estudos socioeconômicos e ambientais**, 2018. Não paginado. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31081641/seis-maiores-estados-produtores-dos-cafes-do-brasil-atingiram-98-do-volume-da-safra-de-2017>>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- FARIA, Jose Geraldo Aguiar. **Administração da manutenção**: sistema p.i.s. 1 ed. São paulo: Blucher, 1994. 116 p.
- FERREIRA JÚNIOR, Luiz de Gonzaga. **Análise de vibração das hastes de uma colhedora de café**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Agrícola, Universidade Federal de

Lavras, Lavras, 2014. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8498>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

FUNDAÇÃO PROCAFÉ. **Estimativa de volume de café e beneficiamento**, 2016. Não paginado. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/faq/assuntos-diversos/estimativa-de-volume-de-caf%C3%A9-e-beneficiamento>>. Acesso em: 25 set. 2018.

JACTO (- Pompeia) (Org.). **Jacto k-3500**, [2017]. p. 2-6. Disponível em:<https://s3.amazonaws.com/1-jacto.com.br/files_pt_BR_1524320966808_Folheto_Jacto_K_3500_PT_930002181.pdf>. Acesso em: 02 set. 2018.

JACTO (Ed.). **Acompanhe a evolução dos implementos agrícolas**, 2018. 17p Disponível em: <<https://blog.jacto.com.br/acompanhe-a-evolucao-dos-implementos-agricolas/>>. Acesso em: 08 set. 2018.

JMS EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS. **Elevadores de caneca**, [2016].p.1-4 . Disponível em: <<https://www.jmsequipamentos.com.br/elevador-caneca/>>. Acesso em: 12 set. 2018.

LIMA, Roberto Guião de Souza. **Ciclo do Café**, [2018]. 78p. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/historia-do-brasil/ciclo-do-cafe>>. Acesso em: 7 set. 2018.

MESQUITA, C. M. et al. **Manual do café: Colheita e preparo**. 1 ed. BELO HORIZONTE: EMATER, 2016. 56 p. disponível em: < http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_colheita_preparo.pdf> Acesso em 25 ago. 2018.

MFRURAL. **Colhedeira de café case ano 2007**, 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.mfrural.com.br/detalhe/colhedeira-de-cafe-case-ano-2007-302563.aspx>>. Acesso em: 28 set. 2018.

MARTIN, Walmi Gomes. **Colheita Mecanizada do Café**, 2013. 39p. Disponível em: < <http://fundacaoprocafe.com.br/sites/default/files/publicacoes/pdf/1%20-%20Evolu%C3%A7%C3%A3o%20da%20colheita%20mec%C3%A2nica%20do%20caf%C3%A9%20da%20planta.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

MARTINEZ, Camila Ortiz. **Equipamentos para movimentação de grãos**. 87p. Campo Mourão, [2010]. p. 20-80. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/camilamartinez/tecnologia-pos-colheita-de-graos/Movimentacao%20de%20graos.pdf/at_download/file>. Acesso em: 24 set. 2018.

MATIELLO, José Braz. **Como operar na colheita mecanizada do café**, [2014]. 2p. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/downloads/Folha010Colheita.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.

MATIELLO, José Braz. **Modos e custos no micro-terraceamento em cafezais de montanha**, 2015. 62p. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/sites/default/files/2%20Varginha%2015%20micro-terraceamento.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

NIPPO. **O legado de shunji nishimura**, 2017. 4p. Disponível em: < <http://www.nippo.com.br/campo/historia/historia551.php>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

O MUNDO VARIÁVEL. **Tratores a vapor**, 2010. Não paginado. Disponível em: <<http://omundovariavel.blogspot.com/2015/08/tratores-vapor.html>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

OLIVEIRA, Ezequiel et al. **Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. Santa**. Ciência rural, Santa Maria, v. 37. set. 2007a. p. 1466-1470. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n5/a41v37n5.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

OLIVEIRA, Ezequiel et al. **Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. Santa**. Ciência rural, Santa Maria, v. 37. set. 2007b. p. 2-4. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000400014>. Acesso em: 21 ago. 2018.

PROTEC-FRAN (Franca). **Recolhedor Primário e Paletas do Recolhedor – Máquinas Jacto**, [2017]. Não paginado. Disponível em: <<https://protec-fran.com.br/produto/recolhedor-primario-e-paletas-do-recolhedor-maquinas-jacto/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

SAMPAIO, Cristiane Pires. **Determinação da força requerida para o desprendimento dos frutos de café em diferentes estádios de maturação**. 2000. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Engenharia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000. Cap. 1. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9413>>. Acesso em: 08 set. 2018.

SANTINATO, Felipe; SILVA, Rouverson Pereira da; SANTINATO, Roberto. **Colheita mecanizada do café, 2018. P. 1-5**. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/colheita-mecanizada-do-cafe>>. Acesso em: 18 set. 2018.

SILVA, A. S. et al. Quanto vale sua colhedora usada?. **Cultivar máquinas**, Pelotas, v. 145, p. 12-13, jun. 2018. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/quanto-vale-sua-colhedora-usada>>. Acesso em: 28 set. 2018.

SILVA, Juarez de Sousa e et al. **Manuseio de grãos**. Viçosa: Ufv, [2008]. P. 279-306 Disponível em: <ftp://ftp.ufv.br/dea/poscolheita/Livro%20Secagem%20e%20e%20Armacenagem%20de%20Produtos%20Agricolas/livro/mb_cord/mb1/cap12.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

TDI MAQUINAS AGRÍCOLAS. **Colhedora de café automotriz**, 2016. 2p. Disponível em: <<http://www.tdimaquinas.com.br/sitenovo/PT-BR/downloads/auto/Folder%20Automotriz%202016.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2018.

VAL JÚNIOR, Nalberto Ângelo. **Metodologia para determinação de perdas na colheita mecanizada do café Trabalho**. 2015. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Engenharia, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19352/3/MetodologiaDeterminacaoPerdas.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

VELOSO, Gustavo Vieira. **Automação do sistema de direção de colhedora de café**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Engenharia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Cap. 1. Disponível em:

<<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3656/texto%20completo.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 set. 2018.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas et al. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s.l.], v. 51, n. 4, p.719-744, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-20032013000400006>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032013000400006>. Acesso em: 02 set. 2018.

TUDO ANTIGO. **O primeiro trator brasileiro**, 2011. p. 1-6. Disponível em: <http://tudoantigo-huff.blogspot.com/2011/12/o-primeiro-trator-brasileiro-o-trecho_12.html>. Acesso em: 22 ago. 2018.