
PROJETO DE BRAÇO ARTICULADO PARA MANUTENÇÃO EM COLHEDORAS DE CANA DE AÇUCAR

ARTICULATED ARM PROJECT FOR MAINTENANCE ON SUGAR CANE HARVESTERS

Gideon Silva Policena¹, Pedro Henrique Augusto da Silva², Ariane Martins Caponi Lima³, Alessandro Martins Morais⁴, Marinés Chiquinquirá Carvajal Bravo Gomes⁵

¹Acadêmica de Engenharia Mecânica/FACEG – gideonpolicena@hotmail.com

²Acadêmico de Engenharia Mecânica /FACEG – pephas61@gmail.com

³Professor(a) do Curso de Engenharia Mecânica/FACEG – ariane.lima@faceg.edu.br

⁴Professor(a) do Curso de Engenharia Mecânica/FACEG – alessandro.martins@docente.evangelicagoianesia.edu.br

⁵Orientador(a) e Professor(a) do Curso de Engenharia Mecânica/FACEG – mariaeroing@gmail.com

Resumo: O setor de agronegócio está ligado diretamente ao Produto Interno Bruto (PIB), o que reflete em uma evolução positiva nas indústrias a cada ano, e cerca de 27,5% do PIB em 2021 veio da participação do setor. Este resultado está intimamente ligado ao incremento tecnológico no campo, o que gera uma alta produtividade e expande as fronteiras do agronegócio. De maneira geral, um mecânico com salário de dezasseis reais por hora, gasta em média 4 horas para trocar os dez rolos da colhedora, porém são necessários quatro mecânicos, gerando um custo de duzentos e cinquenta e seis reais para fazer a troca dos rolos. O objetivo do projeto foi desenvolver um braço articulado para manutenção em rolos de colhedoras de cana, e esse elemento tem peso médio de 40 kg. Após o desenvolvimento e construção do protótipo observou-se que a catraca principal que movimenta o braço, devido à carga do cilindro, mostrou dificuldade no acionamento, porém foi comprovado que com auxílio de um colaborador, no início do levantamento, é possível o braço cumprir a função de movimentação do cilindro. Nos testes realizados o braço mecânico suportou uma carga de 60 kg e mostrou um bom desempenho, facilitando a remoção dos rolos das colhedoras e diminuindo o esforço dos operários que realizam a manutenção. O custo total do braço mecânico foi de aproximadamente R\$ 1500, utilizando matérias de baixo custo e acessíveis.

Palavras-chaves: Braço Mecânico; Manutenção; Colhedoras de Cana de Açúcar.

Abstract: The agribusiness sector is directly linked to the Gross Domestic Product (GDP), which reflects a positive evolution in industries each year, and around 27.5% of GDP in 2021 came from the sector's participation. This result is closely linked to the technological increase in the field, which generates high productivity and expands the frontiers of agribusiness. In general, a mechanic with a salary of sixteen reais per hour spends an average of 4 hours to change the ten harvester rollers, but four mechanics are needed, generating a cost of two hundred and fifty-six reais to change the rollers. The objective of the project was to develop an articulated arm for maintenance on sugarcane harvester rollers, and this element has an average weight of 40 kg. After the development and construction of the prototype, it was observed that the main ratchet that moves the arm, due to the cylinder load, showed difficulty in activating, however it was proven that with the help of a collaborator, at the beginning of the lift, it is possible for the arm to perform the cylinder movement function. In the tests carried out, the mechanical arm supported a load of 60 kg and showed good performance, facilitating the removal of the harvester rollers and reducing the effort of workers carrying out maintenance. The total cost of the mechanical arm was approximately R\$1500, using low-cost and accessible materials.

Keywords: Mechanical arm; Maintenance; Sugarcane harvesters.

INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro é um importante força motriz na economia do país, tendo uma participação importante no produto interno bruto (PIB). Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da ESALQ/USP, cerca de 27,5% do PIB em 2021 veio da participação do setor [1]. Este resultado está intimamente ligado ao incremento tecnológico no campo, o que gera uma alta produtividade e expande as fronteiras do agronegócio.

Neste contexto, um importante investimento produzido pelo agronegócio é a cana de açúcar. O setor sucroalcooleiro é responsável por cerca de 2% do produto interno bruto (PIB) nacional, estando relacionado com a produção de biocombustível, bioplástico bioenergia, alimentos e bebidas variadas. No município de Goianésia,

segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a produção fica em décimo sétimo lugar na produção total do estado, se mostrando como importante pilar da economia local [2].

Como decorrência, a demanda por cana-de-açúcar tem aumentado cada vez mais, dessa forma, faz-se necessário obter altas produtividades, o que implica em um planejamento adequado do sistema de produção da cana-de-açúcar [3]. Após o plantio, a cana é colhida pela colhedora, que utiliza suas lâminas para cortar as folhas do produto, após o que um divisor conduz a cana para a máquina, onde o sistema de corte retira a cana do solo. Rolos alimentadores levam a cana cortada ao picador, que a corta em pedaços menores, que são levados a um elevador que os transporta até uma estação de transferência (nome dado aos carrinhos que transportam a cana colhida

até a indústria, para então iniciar a processo de industrialização da cana-de-açúcar) [3].

A utilização da colheita mecanizada na cana-de-açúcar faz surgir preocupações quanto à qualidade do corte e à perda de matéria-prima. Após a cana-de-açúcar ser plantada e já estar do tamanho adequado para a colheita, a cana de açúcar é colhida pela colhedora. Que tem um processo interno para chegar até o elevador com tamanho pequeno para ser armazenada em um caminhão transbordo que seguirá para a indústria. Logo após começar o processo de industrialização da cana-de-açúcar, transformando-a em variáveis produtos [3].

O Brasil teve um grande auxílio com o programa nacional do álcool, iniciado em 1975. Dessa forma o setor industrial de cana de açúcar levantou em consideração a poluição feita por queimadas diretamente do campo, sendo assim, a tecnologia foi essencial para a melhoria na lavoura aplicando mecanismos como colhedores de cana que vem a cada ano evoluindo, colhedora que por sua vez auxilia na colheita, segurança com os colaboradores, e rapidez no trabalho que antes era manualmente, hoje é essencial a mecanização no campo pois a taxa de concorrentes é grande, sendo assim, quem tiver as melhores máquinas e tecnologia ao seu lado irá ganhar mais nos seus investimentos [4].

Devido os rolos de alimentação serem um material de desgaste ao qual necessita a substituição periódica, pois trabalham em condições severas de abrasão. O projeto do braço vem para sanar as problemáticas enfrentadas durante o processo de manutenção, com o intuito de aumentar a segurança e facilitando a execução da atividade, resultando na diminuição do homem hora necessário das equipes de manutenção com rolos de colhedora.

REFERENCIAL TEÓRICO

A habilidade de adaptação do homem ditou a constante evolução das ferramentas por ele utilizadas [5]. Com o déficit de equipamento e material no setor agrícola, a um grande desafio que afeta diretamente na produtividade, eficiência e também na qualidade do

produto. Isso se dá na falta de colaboração com empresas de tecnologia e também a falta de inovações para ter uma solução de desenvolvimento fácil de se adaptar para as necessidades do meio agrícola e pecuarista. O investimento adequado nas empresas tecnológicas poderá promover uma modernização, uma melhora na eficiência e na qualidade do produto final e suas variáveis, com investimento correto poderá existir uma competitividade entre os setores agrícolas, criando uma melhora na qualidade, segurança no alimento e um desenvolvimento maior no campo.

Nos dias atuais a busca por oportunidades de redução de custos operacionais nas indústrias é ponto focal para gestores e administradores [6]. A falta de equipamentos no setor agroindustrial representa um importante desafio que afeta a eficiência, produtividade e qualidade do produto final. Requer a colaboração de empresas de tecnologia e indústria para criar soluções acessíveis adaptadas às necessidades dos agricultores e pecuaristas. Só através de um investimento adequado no desenvolvimento tecnológico será possível promover a modernização e competitividade deste setor tão importante para a segurança alimentar e desenvolvimento.

Quando se fala em produção de peças por meio de máquinas e equipamentos, com qualquer nível de automação, a qualidade do produto final é determinada, entre outros fatores, pelo desempenho do equipamento/máquina que o fabrica [7]. Eficiência, produtividade e qualidade do produto são afetadas pela falta de equipamentos no setor agrícola. Para fornecer soluções acessíveis que atendam às necessidades de agricultores e pescadores, é necessária a colaboração de empresas industriais e de tecnologia. A modernização e a competitividade da indústria são essenciais para o desenvolvimento e a segurança alimentar. Isso só pode ser alcançado com investimentos suficientes em tecnologia.

A colheita mecanizada é uma nova era para o setor de canavieiro. Com isso a mecanização no meio do agronegócio se tornou importante para aspectos como, rapidez, melhorias e segurança aos colaboradores.

Colhedora de cana-de-açúcar e um maquinário de grande porte, onde visa melhorar a qualidade, eficiência e faz com que o desperdício no processo de colheita da cana seja mínimo. Porém para operar tal maquinário precisa de certa experiência como treinamentos, contudo a colhedora veio para modernizar e dar uma segurança maior para o colaborador, tirando a mão de obra humana por um maquinário [8].



Figura 1 – Colhedora de Cana de Açúcar [8].

Conforme o Manual do operador, os rolos alimentadores (Fig. 2) transportam a cana da caixa de corte de base até o picador [9]. A partir daí a velocidade que a cana passa pela colhedora irá definir o tamanho da cana que será liberada para os próximos processo da coleta.



Figura 2 – Rolo alimentador

Devido as condições severas de trabalho, os roletes trabalham em altas temperaturas, o que ocasiona

desgastes nos componentes internos e externos [10]. A manutenção dos rolos da colhedora utiliza como mão de obra 4 mecânicos, dois entram de baixo do equipamento e dois dão suporte fora da máquina. Esses vão realizar a retirada dos mancais de suspensão e os motores de acionamento dos rolos, enquanto os dois mecânicos que estão sob o equipamento seguram os rolos para estes não caírem, além de realizarem o alinhamento da peça sem danificar o equipamento e o próprio rolo. Esse processo é feito com os dez rolos existentes na colhedora.

Devido as condições severas de trabalho, os roletes trabalham em altas temperaturas, o que ocasiona desgastes nos componentes internos e externos, A manutenção dos rolos da colhedora utiliza como mão de obra 4 mecânicos, dois entram de baixo do equipamento e dois dão suporte fora da máquina. Esses vão realizar a retirada dos mancais de suspensão e os motores de acionamento dos rolos, enquanto os dois mecânicos que estão sob o equipamento seguram os rolos para estes não caírem, além de realizarem o alinhamento da peça sem danificar o equipamento e o próprio rolo. Esse processo é feito com os dez rolos existentes na colhedora [10].

Para manutenção hoje no ano de 2023, nos rolos de colhedora se utilizam 4 mãos de obra, cada um tem uma função, mesmo assim existe riscos as saúde e segurança dos mesmos. dois trabalhadores entram debaixo do maquinário e dois ficam de fora dando apoio e tirando parafusos e desconectando da máquina, retirando os mancais de suspensão e motores de acionamento dos rolos. Os dois trabalhadores que estão debaixo do maquinário servem de suporte para que os rolos não caiam diretamente no chão. Esse mesmo processo se repete nos 10 rolos que existem na colhedora [10].

Conforme o manual do operador o funcionário de manutenção do equipamento deve estar familiarizado com os sistemas da colhedora, pois deve tomar um cuidado extra. Ao observar por exemplo, a metodologia do processo de montagem/manutenção dos rolos do sistema de alimentação das colhedoras de cana de açúcar, nota-se uma forma arcaica de execução do processo, necessitando de

uma grande quantidade de mão de obra para a atividade. Além disso, observa-se também o risco de acidentes que os trabalhadores têm ao realizarem a troca de rolos das colhedoras, bem como um tempo prolongado durante a troca e manutenção das peças, o que acarreta encargos que poderiam ser reduzidos, ao se reduzir o tempo de montagem/manutenção [10].



Figura 3 – Espaçamento de manutenção

De acordo com Ribeiro a criação de projetos mecânicos para substituir o corpo humano já vem a séculos [11]. Braços mecânico vem sendo uma ferramenta para facilitar a manutenção, melhorar a segurança liberar empregados para menor hora homem, eliminar tarefas mais perigosas e repetitivas, a tecnologia incrementada no meio industrial vem se evoluindo a cada ano. O braço do robô executa movimentos no espaço, transferindo objetos e ferramentas de um ponto para outro, instruído pelo controlador e informado sobre o ambiente.

O braço mecânico é um equipamento operado por um ser humano, composto por algumas articulações, dependendo da peculiaridade da atividade, que auxilia retirando esforços excessivos do operador, assim distribuindo a carga no próprio mecanismo, como mostra a figura 4.



Figura 4 – Braço mecânico hidráulico utilizado em caminhão Muncie. [12].

A mecânica já está muito presente na nossa vida cotidiana. Muitas partes robóticas estão substituindo funções humanas, tanto físicas como biológicas, porém possuem um alto custo. Braço mecânico, em operação, o braço robótico é movimentado por componentes mecânicos, como engrenagens, correias, polias e até mesmo sistemas elétricos, como motores e servomotores, e a transmissão de força ocorre por meio de elementos rígidos, como hastes, hastes ou eixos, que são frequentemente usados em braços robóticos. Usados em aplicações industriais, como linhas de montagem, robôs industriais e equipamentos de manuseio de materiais já o braço Hidráulico, em operação, os braços hidráulicos usam um fluido, geralmente óleo hidráulico, para transmitir força. Seu princípio básico é utilizar a pressão do fluido para gerar força e movimento na parte do braço para transmissão de potência, sendo que a força hidráulica é transmitida através de um cilindro hidráulico contendo um pistão móvel. Quando o fluido é pressurizado, o pistão se move e gera a força necessária para mover o braço. Aplicações, os braços hidráulicos são amplamente utilizados em máquinas pesadas como escavadeiras, guindastes e máquinas de construção, onde a capacidade de elevação e a precisão do movimento são críticas [12].

Por outro lado, com o braço robótico, e um dispositivo operado automaticamente acompanhado de sensores, onde grande maioria das vezes não é preciso o

operador manusear o equipamento. O braço robotizado, como o mostrado na figura 5, executa movimentos no espaço, transferindo objetos e ferramentas de um ponto para outro, instruído pelo controlador e informado sobre o ambiente por sensores.



Figura 5 – Braço robótico [12].

METODOLOGIA

A colheita da cana crua é totalmente automatizada por meio do uso de máquinas, como colheitadeira, trator e transbordo, como mostrado na Figura 7. A colhedora se encarrega de cortar e processar a matéria-prima, dividindo-a em pedaços menores e eliminando as impurezas. Posteriormente, a cana é transferida para o transbordo, que realiza o carregamento interno da área de cultivo e transfere a cana para os caminhões do sistema de transporte, localizados nas vias de acesso. A matéria-prima é então transportada para o moinho da fábrica.



Figura 6 – Processo de colheita

Análise do processo de manutenção foi ponto de partida do projeto no qual foi analisado o processo de manutenção atualmente utilizado, como é a metodologia de execução. A próxima fase foi o reconhecimento em campo e coleta de dados, onde foi realizado todo o levantamento

do dimensional da colhedora identificando limitação, gargalos e dificuldades que o protótipo enfrentará em sua aplicação durante a atividade de manutenção.

A seguir foi realizada a modelagem 3d no software com todas as medidas coletadas e limitações identificadas, a fim de obter os primeiros rascunhos do protótipo, onde a utilização do software veio para poder construir o protótipo virtualmente.

Logo, foram simuladas as tensões e realizados os ensaios de resistência, após conclusão da modelagem 3D e com os materiais de fabricação selecionados.

Com todas as simulações realizadas e aprovadas foi dado início a fabricação do protótipo seguindo os desenhos da fase de modelagem para que o mesmo fosse construído da melhor forma possível com intuito da ocorrência de possíveis falhas por problemas de fabricação.

Com o protótipo construído, o mesmo foi levado para campo a fim de testar se o protótipo atenderia as necessidades do trabalho. Para o desenho e simulação do braço mecânico foi utilizado o software Fusion 360, que possui recursos e funções para criar modelos 3D, designs de produtos, simulações, renderizações, animações, entre outros.

A escala de cores utilizada pelo software é padrão (Fig. 7), ela começa na cor azul e termina no vermelho. A coloração azul indica que as simulações não apresentam fratura na estrutura, e conforme a carga aumenta essa coloração é alterada, passando pelo azul-claro, verde, amarelo e finalmente vermelho, o qual indica que haverá fratura nessa região da estrutura.

O material usado para montar a estrutura da base foi metalon, especificamente chapas de 40x40 mm. Outras peças metálicas foram usadas em diferentes partes do braço mecânico, e são as seguintes:

- Perfil U enrijecido de dimensões 50x25x10 mm de aço A-36, usado para andamento das rodinhas.
- Tubo redondo 5/8" de aço A-36 para construir as travas e eixos de movimentação do braço.
- Barra chata 2" 1/4 de aço A-36.

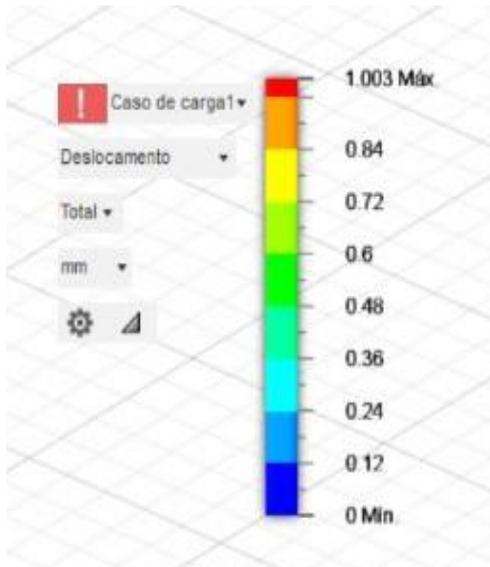


Figura 7 – Escala de cor Fusion 360 (fusion 360, 2023)

Tabela 1- Propriedades mecânicas do Aço A-36 (Aços nobre, 2023)

Resistência à tração	400 – 550 MPa
Valor de escoamento típico do aço ASTM A36	250 MPa
Alongamento na ruptura (em 50 mm)	23.0%
Módulo de elasticidade	200 GPa
Módulo de cisalhamento	79,3 GPa
Escoamento típico do aço ASTM A36	250 MPa

As propriedades mecânicas do aço A-36 são apresentadas na Tabela 1.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenho e montagem das partes que constituem o braço mecânico foram realizados virtualmente. A Figura 8, mostra a estrutura completa do braço, e os principais elementos são:

- Braço 1: tem a função de suportar os braços 2 e 3, além de realizar o movimento angulação.
- Braço 2: tem a função de suportar o braço 3, além de ser o responsável pelo movimento de projeção para atingir as variadas alturas de cada rolo.
- Braço 3: tem a função de suportar o rolo e também realiza o movimento de elevação dos rolos para que atinja sua altura de montagem
- Berço: tem função de apoiar os rolos.
- Base: tem função de apoiar toda o braço.

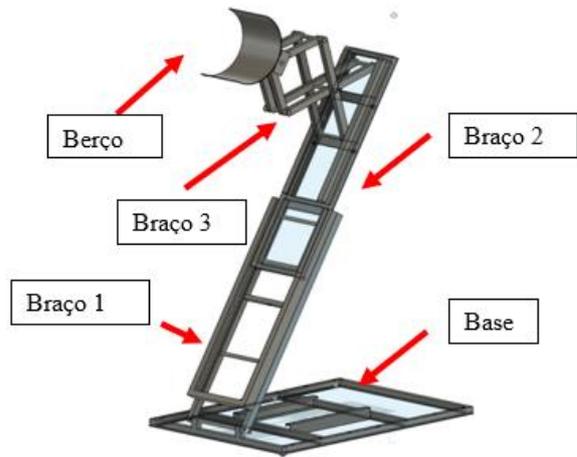


Figura 8 – Desenho e montagem das partes que constituem o braço mecânico.

Com base nas especificações do projeto, o braço deve sustentar uma carga de ~60 Kg, peso médio dos cilindros. Na primeira simulação, para uma carga de 200 Kg, a análise mostra que o braço mecânico falhará na extremidade do braço 2.

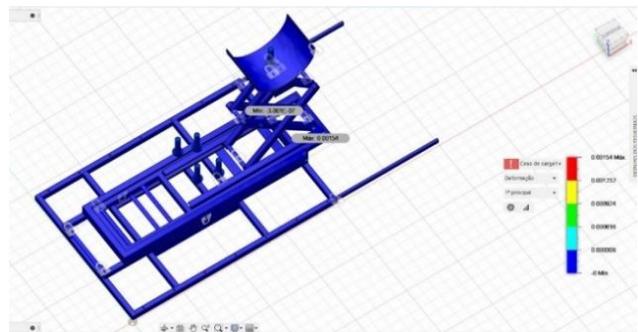


Figura 9 - Resultados de análise de resistência mecânica no braço mecânica com carga de 100 kg.

A Figura 10 mostra os resultados da segunda simulação (200 Kg) . Observa-se que, nos pontos demarcados em vermelho, ocorre fratura do material.

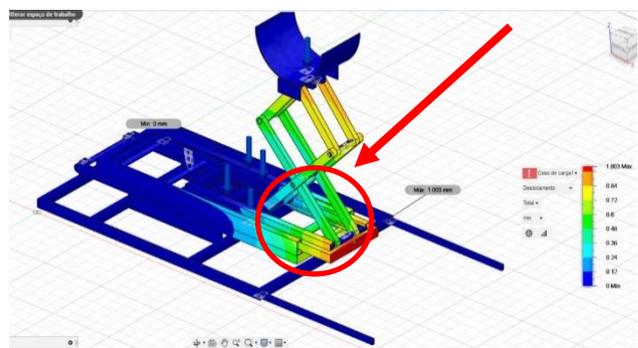


Figura 10 - Resultados de análise de resistência mecânica no braço mecânica com carga de 200 Kg.

As análises do software mostram que a estrutura do braço mecânico consegue suportar a carga do projeto de 60 Kg. Conclui-se também que é possível utilizar o braço para cargas de 100 Kg. No entanto, para uma carga de 200 Kg a estrutura falhará.

Após a comprovação, mediante as simulações, deu-se início à construção do equipamento. Inicialmente foi produzida a base do braço, mostrada na Figura 10, utilizando as peças de metalon e com auxílio da máquina de soldagem.

A Figura 11 mostra o braço mecânico finalizado e expandido. O braço alcançou 2,30 m, com ângulo máximo de 63°, medidas necessárias para a remoção do último rolo com a maior altura.

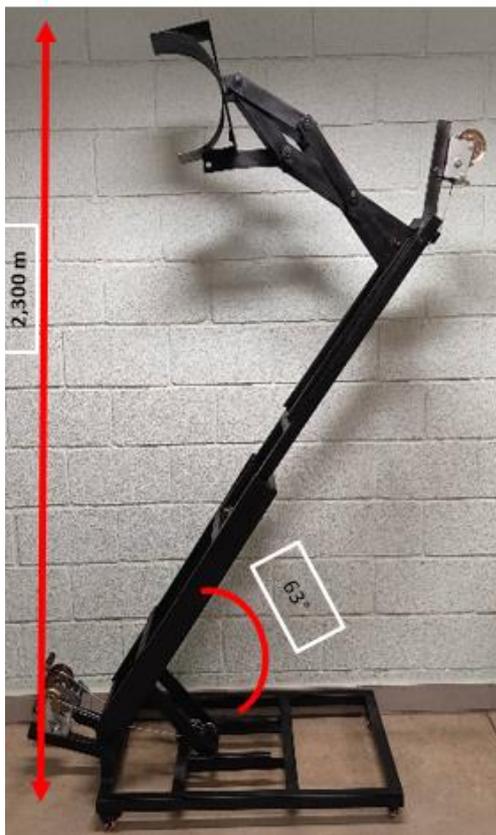


Figura 11 - Braço mecânico montado expandido

Visualizando a Figura 12, o braço fechado tem uma altura de 60 cm, suficiente para entrar no local de trabalho. A base tem um comprimento de 1,95 m.

A Figura 13a mostra como é realizada a manutenção dos rolos de colhedora sem o uso do braço mecânico, demonstrando o risco de acidentes, podendo causar esmagamento do operário. Por outro lado, na Figura

13b observa-se a manutenção dos rolos com o uso do braço mecânico, o operário fica em uma área mais segura onde seu corpo não precisa ficar debaixo da zona de risco.



Figura 12 - Braço mecânico completamente recuado



Figura 13 – Manutenção dos rolos de colhedora a) sem o uso do braço mecânico, e b) com o uso do braço mecânico.

Conforme a Tabela 2, os testes realizados mostram que o braço resistiu a uma carga de 60 kg com os rolos, e os rodízios se adaptaram ao piso apesar da irregularidade.

Tabela 2 - Resultados dos testes realizados do braço mecânico.

Carga suportada na simulação	100 kg
Carga testada com rolo limpo	40 kg
Carga testada com rolo sujo	60 kg
Risco	Baixo

No teste realizado no rolo limpo, com uma carga de aproximadamente 40 kg, o braço suportou com segurança, sem dificuldade na movimentação do braço (Fig. 14). O operário não precisou aplicar esforço para movimentar o equipamento.



Figura 14 - Teste do braço mecânico no rolo limpo.

O teste realizado com rolo sujo, onde a carga é aproximadamente 60 kg, conforme visto na figura 15, o operário não ficou dentro da zona de risco. O teste ocorreu sem problemas e os operários não precisaram aplicar esforço para concluir a tarefa.

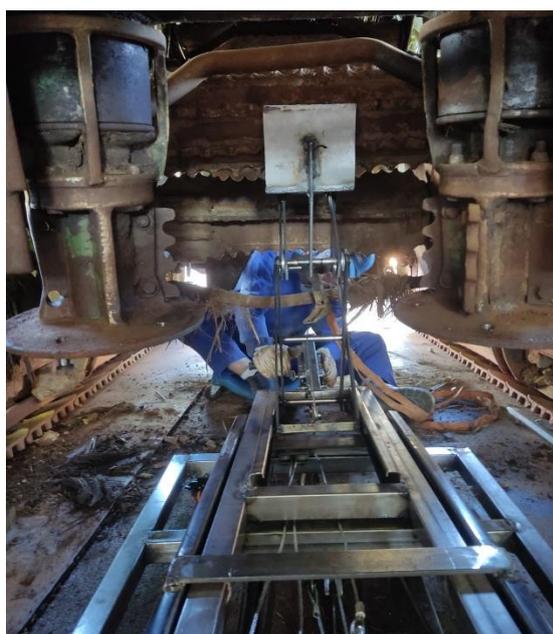


Figura 15 - Teste do braço mecânico no rolo sujo.

O preço para a construção do braço mecânico foi de aproximadamente R\$ 1500, usando materiais acessíveis.

CONCLUSÃO

Os objetivos traçados, como dimensionar e escolher os materiais para o braço mecânico, construir e comparar com o sistema atualmente utilizado, foram concluídos e mostraram melhorias no processo de manutenção dos rolos das colhedoras.

As análises iniciais de simulação mostraram que o projeto do braço mecânico resiste cargas de até 200 kg, sem mostrar falhas na estrutura.

Nos testes realizados no maquinário o braço mecânico suportou uma carga de 60 kg, o maior peso encontrado nos rolos das colhedoras. O braço teve um bom desempenho, facilitando a remoção dos rolos das colhedoras e diminuindo o esforço dos operários que realizam a manutenção.

O custo total do braço mecânico foi de aproximadamente R\$ 1500, utilizando matérias de baixo custo e acessíveis.

Contudo, o braço mecânico desenvolvido neste trabalho mostra uma inovação para a manutenção em rolos de colhedoras de baixo custo, e apresentando uma melhoria nas normas de segurança durante esse processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA/ESALQ, **PIB do Agronegócio Brasileiro**. 2022. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-doagronegocio-brasileiro.aspx>> Acesso em: 28 de out. de 2022.
2. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Produção Agrícola no Estado de Goiás**. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goianesia/pesquisa/14/10193?tipo=ranking&indicador=10246>>. Acesso em: 28 de out. de 2022.
3. RAMOS, R. P. **Planejamento do plantio e da colheita de cana-de-açúcar utilizando técnicas**

-
- matemáticas de otimização.** 2014. Tese (Doutorado em Agronomia) – UNESP-FCALajeado-Botucatu (SP). Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/110955>>. Acesso em: 29 de out. de 2022.
4. BORGES, U.; FREITAG, H.; HURTIENNE, T.; NITSCH, M. **Proálcool. Analyse und Evaluierung des brasilianischen Biotreibstoffprogramms, Saarbrücken/ Fort Lauderdale, Breitenbach; versão portuguesa atualizada: Proálcool. Economia política e avaliação sócio-econômica do programa brasileiro de biocombustíveis**, Aracaju, Universidade Federal de Sergipe, 1984.
5. CAMPOS, W. S. **Mapeamento de Perdas no Processo de Manutenção de Ar Condicionado Automotivo com uso de Escala Likert e Lógica Difusa.** Universidade Federal de Paraná, 2020. Disponível em: <https://www.repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/13619/1/Dissertacao_MapeamentoPerdasProcesso.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2023.
6. ANDRADE, J.; LIMA, G.; FORTES, M. **As Atividade da Manutenção como Ferramenta de Eficiência Energética.** Universidade Federal Fluminense. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Marcio-Fortes/publication/275713553_AS_ATIVIDADES_DA_MANUTENCAO_COMO_FERRAMENTA_DE_EFICIENCIA_ENERGETICA/links/5544ba860cf23ff716857fc7/AS-ATIVIDADES-DA-MANUTENCAO-COMO-FERRAMENTA-DE-EFICIENCIA-ENERGETICA.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2023.
7. BEN-DAYA, M. **The economic production lot-sizing problem with imperfect production process and imperfect maintenance.** International Journal OF Production Economics, New York, 76, 257-264, 2002
8. MORENO, L. M. **Transição da Colheita de Canda-de-Açúcar manual para a mecanizada no estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado.** Programa de Pós- Graduação em Energia da Universidade de São Pualo, São Paulo, 2011.
9. ICPEdu. **Manual do Operador.** 6 ago. 2017. Disponível em: <https://ajuda.rnp.br/icpedu/cp/manual-do-operador>. Acesso em: 20 maio 2023.
10. ITR South America, **Dicas para a manutenção preventiva de colhedoras de cana.** 2020. Disponível em: <<https://www.itrsa.com.br/site/?s=Dicas+para+a+manutenção+preventiva+de+colhedoras+de+cana>>. Acesso em: 02 de nov. de 2022.
11. RIBEIRO. **Robôs de Serviços.** (1998). Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3291/1/22%20UNAGUI.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. de 2022.
12. PEREIRA, J. N.; SALM, A. H. **Desenvolvimento de um Braço Mecânico Hidráulico.** 4 fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/2019-02-04>. Acesso em: 1 jul. 2023.
-