

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**Etec SYLVIO DE MATTOS CARVALHO**

**Curso de Técnico em Mecânica**

**Clauder Max Costa**

**Digrison Sampaio**

**Felipe Thiago Nogueira Mendes**

**João Victor dos Santos Marques**

**Gabriel Pinheiro do Nascimento**

**MOAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR ALIMENTADA ATRAVÉS DE  
FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL: Energia solar**

**Matão, SP  
2023**

**Clauder Max Costa Soares**

**Digrison Sampaio**

**Felipe Thiago Nogueira Mendes**

**João Victor dos Santos Marques**

**Gabriel Pinheiro do Nascimento**

**MOAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR ALIMENTADA ATRAVÉS DE  
FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL: energia solar**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecânica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo(a) Prof(a). Silvio Lanza, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Mecânica

**Matão, SP  
2023**

## RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto e implementação de um moedor de cana movido por energia solar, com o objetivo de promover a sustentabilidade na agricultura. O moedor de cana foi concebido para oferecer uma solução ecologicamente consciente, economicamente viável aos agricultores familiares, e microempreendedores, aproveitando a energia solar como fonte de alimentação limpa e renovável. A energia solar é captada por painéis fotovoltaicos e armazenada em baterias, garantindo o funcionamento eficiente do moedor de cana em áreas rurais ou locais sem acesso à rede elétrica. Além de reduzir os custos operacionais, essa tecnologia busca mitigar o impacto ambiental ao substituir fontes de energia tradicionais. Este estudo destaca os aspectos técnicos e benefícios ambientais e econômicos dessa inovação, visando promover a adoção de tecnologias sustentáveis na agricultura e contribuir para um futuro mais verde e sustentável.

**Palavras-chave:** Moedor de cana; Energia solar; Sustentabilidade; Fontes renováveis; Autossuficiência; Agricultura sustentável; Energia limpa; Cana-de-açúcar; Tecnologia solar; Inovação energética; Eficiência energética; Off-grid; Aproveitamento solar; Desenvolvimento sustentável.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
1.1 Contexto e Motivação.....	6
1.2 Objetivo do Moedor de Cana Solar.....	7
<b>2. SISTEMA OFF-GRID.....</b>	<b>8</b>
2.1. Explicação do Sistema Off-Grid.....	9
2.2. Vantagens da Energia Solar Off-Grid.....	9
2.3. Componentes do Sistema Off-Grid.....	10
2.3.1. Painéis Solares.....	12
2.3.2. Baterias.....	14
2.3.3. Inversor.....	15
2.3.4. Controlador de Carga.....	16
<b>3. MOEDOR DE CANA.....</b>	<b>18</b>
3.1. Funcionamento Geral.....	19
3.2. Benefícios da Moagem de Cana.....	20
3.3. Redutor: Importância e Funcionamento.....	21
<b>4. ENERGIA SOLAR PARA O MOEDOR DE CANA.....</b>	<b>23</b>
4.1 Integração dos Painéis Solares com o Moedor.....	23
4.2 Armazenamento de Energia.....	24
4.3 Uso Sustentável de Recursos.....	25
<b>5. REDUTOR.....</b>	<b>26</b>
5.1 Função do Redutor no Moedor de Cana.....	27
5.2 Tipos de Redutores Utilizados.....	28
5.3 Eficiência e Manutenção.....	29
<b>6. DESEMPENHO E EFICIÊNCIA.....</b>	<b>30</b>
6.1 Capacidade de Moagem.....	30
6.2 Autonomia do Sistema.....	31
6.3 Monitoramento de Energia.....	31
<b>7. IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL.....</b>	<b>32</b>
7.1 Redução de Emissões de Carbono.....	32

7.2 Sustentabilidade a Longo Prazo.....	33
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
8.1 Realizações e Lições aprendidas.....	33
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das esferas fundamentais para a subsistência humana e o desenvolvimento econômico, desempenhando um papel crucial na sociedade. No entanto, para garantir uma produção agrícola sustentável, é essencial adotar práticas que minimizem o impacto ambiental e promovam a eficiência energética. Nesse contexto, a integração da energia solar no moedor de cana apresenta uma solução promissora, alinhada com a busca por alternativas limpas e renováveis. A integração da energia solar como fonte de alimentação para um moedor de cana não só almeja promover a eficiência energética, mas também reduzir a dependência de fontes não renováveis. Além disso, busca-se alinhar essa tecnologia com os princípios da sustentabilidade, favorecendo práticas agrícolas mais ecológicas e socialmente responsáveis.

### 1.1. Contexto e Motivação

Contexto:

O contexto para a criação de um moedor de cana alimentado por energia solar envolve a necessidade de encontrar soluções sustentáveis e eficientes para a moagem de cana-de-açúcar em diversas situações. Este contexto pode incluir:

**Desafios Energéticos:** Muitas regiões onde a cana-de-açúcar é cultivada enfrentam desafios de acesso limitado à eletricidade ou a dependência de fontes de energia não confiáveis.

**Sustentabilidade Ambiental:** A crescente preocupação com a redução das emissões de carbono e o uso de fontes de energia limpa torna a energia solar uma escolha atraente.

**Importância da Cana-de-Açúcar:** A cana-de-açúcar é uma cultura agrícola importante para a produção de açúcar, etanol e outros produtos. O processamento eficiente é vital para economias locais e regionais.

### Motivação:

A motivação para desenvolver um moedor de cana a energia solar é baseada nos seguintes fatores:

**Sustentabilidade:** A energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável, o que reduz o impacto ambiental e contribui para a mitigação das mudanças climáticas.

**Acesso à Energia:** A energia solar pode ser utilizada em áreas remotas onde o acesso à eletricidade é limitado, fornecendo uma fonte de energia confiável para a moagem de cana.

**Eficiência Energética:** O uso de um moedor de cana a energia solar pode aumentar a eficiência da moagem, melhorando a produtividade e reduzindo custos operacionais.

**Responsabilidade Ambiental:** A motivação também está ligada ao compromisso de adotar práticas responsáveis em relação ao meio ambiente e à busca de alternativas sustentáveis.

## **1.2. Objetivo do Moedor de Cana movido a energia Solar**

**Eficiência Energética Sustentável:** O objetivo central deste projeto é criar um moedor de cana que seja eficiente em termos de energia e, ao mesmo tempo, ambientalmente sustentável. Esse moedor deve ser capaz de converter a energia solar em energia mecânica de maneira eficaz.

**Redução de Custos Operacionais:** Buscar reduzir os custos operacionais associados à moagem de cana-de-açúcar, permitindo que os agricultores e produtores aumentem sua lucratividade.

**Acesso Confiável à Energia:** Garantir que comunidades rurais e áreas remotas tenham acesso confiável à energia para processar a cana-de-açúcar, independentemente da infraestrutura elétrica tradicional.

## 2. Sistema Off-Grid

O sistema off-grid é uma infraestrutura de energia independente da rede elétrica convencional, operando de forma autossuficiente. Utiliza fontes renováveis, como solar, eólica ou hidráulica, para gerar energia e armazena em baterias para suprir as necessidades do local, proporcionando independência energética e sustentabilidade.

Funcionamento Geral:

**Painéis Solares:** Os painéis solares fotovoltaicos capturam a energia solar e a convertem em eletricidade quando os raios solares atingem as células fotovoltaicas, no qual os fótons de luz solar excitam elétrons nas células, gerando corrente contínua (DC)

**Baterias:** A eletricidade gerada pelos painéis solares é armazenada em baterias. As baterias são essenciais para garantir que a energia solar capturada durante o dia possa ser utilizada à noite ou em condições de baixa luminosidade.

**Inversor:** Um inversor converte a corrente contínua gerada pelos painéis solares e armazenada nas baterias em corrente alternada (AC), que é a forma de eletricidade utilizada pelo moedor de cana e outros equipamentos.

**Controlador de Carga:** O controlador de carga regula o fluxo de energia entre os painéis solares, as baterias e o inversor. Ele garante que as baterias não sejam sobrecarregadas e otimiza a eficiência do sistema.

Vantagens do Sistema Off-Grid:

**Independência Energética:** O sistema off-grid oferece independência em relação à rede elétrica, tornando-se uma solução confiável em áreas remotas ou com acesso limitado à eletricidade.

**Sustentabilidade:** A utilização de energia solar, uma fonte de energia limpa e renovável, contribui para a redução das emissões de carbono e é ambientalmente sustentável.

**Resiliência:** O sistema é resistente a cortes de energia na rede elétrica, garantindo que a moagem de cana possa continuar mesmo em situações de falta de energia.

**Economia de Custos a Longo Prazo:** Embora o investimento inicial possa ser significativo, a energia solar é gratuita, resultando em economias significativas de energia ao longo da vida útil do sistema

## **2.2. Vantagens da Energia Solar Off-Grid**

**Independência Energética:** A energia solar off-grid oferece uma independência completa da rede elétrica convencional. Isso é especialmente valioso em áreas rurais ou remotas, onde o acesso à eletricidade é limitado ou inexistente. Os agricultores podem operar seus moedores de cana sem depender de infraestruturas elétricas externas.

**Acesso Confiável à Energia:** A confiabilidade da energia solar off-grid é notável. Mesmo em regiões com interrupções frequentes no fornecimento de energia, o sistema de energia solar continua a operar, garantindo a continuidade das operações de moagem.

**Redução de Custos Operacionais:** Uma das vantagens mais significativas é a redução dos custos operacionais. Uma vez instalado, um sistema solar off-grid não tem custos contínuos associados à compra de eletricidade ou combustíveis fósseis, resultando em economias a longo prazo para os agricultores.

**Sustentabilidade Ambiental:** A energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável. A sua utilização no moedor de cana reduz significativamente as emissões

de carbono e contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis. Isso é particularmente relevante em um mundo cada vez mais consciente das questões ambientais.

**Resiliência a Cortes de Energia:** A capacidade do sistema off-grid de funcionar independentemente da rede elétrica torna-o altamente resiliente a cortes de energia. Isso é crucial para garantir que a produção de cana-de-açúcar não seja afetada por eventos imprevistos.

**Aumento da Produtividade:** A operação contínua do moedor de cana alimentado por energia solar pode aumentar a produtividade agrícola. Isso resulta em mais açúcar, etanol ou outros produtos derivados da cana-de-açúcar produzidos com eficiência.

**Responsabilidade Social:** A implementação de sistemas solares off-grid também pode ter um impacto social positivo, proporcionando energia limpa e empregos locais, além de melhorar a qualidade de vida das comunidades rurais.

### **2.3. Componentes do Sistema Off-Grid**

**Painéis Solares:** Os painéis solares fotovoltaicos são a espinha dorsal do sistema off-grid. Eles capturam a energia solar incidente e a convertem em eletricidade. Os painéis solares são instalados em uma área exposta à luz solar para maximizar a captura de energia.

**Baterias:** As baterias desempenham um papel crucial no armazenamento de energia solar para uso posterior. A eletricidade gerada pelos painéis solares é armazenada nas baterias durante o dia para que o moedor de cana possa ser alimentado à noite ou em dias nublados. As baterias também fornecem energia de reserva em caso de picos de carga.

**Inversor:** O inversor é um componente vital que converte a corrente contínua (DC) gerada pelos painéis solares e armazenada nas baterias em corrente alternada

(AC), que é a forma de eletricidade usada pelo moedor de cana e outros equipamentos elétricos.

**Controlador de Carga:** O controlador de carga regula o fluxo de energia entre os painéis solares, as baterias e o inversor. Ele é responsável por otimizar o desempenho do sistema, protegendo as baterias contra sobrecarga ou descarga excessiva.

**Banco de Baterias:** Consiste em um conjunto de baterias que armazenam a energia. O tamanho do banco de baterias pode variar dependendo das necessidades de energia do moedor de cana e da duração desejada de operação sem luz solar direta.

**Estrutura de Montagem:** Para painéis solares, é necessária uma estrutura de montagem que os mantenha seguros e posicionados adequadamente para capturar a maior quantidade de luz solar possível.

**Cabeamento e Conectores:** O sistema também inclui cabeamento e conectores adequados para interconectar os componentes e garantir a eficiência na transferência de energia.

Esses componentes trabalham juntos para capturar, armazenar e fornecer energia solar ao moedor de cana, garantindo seu funcionamento contínuo e independente da rede elétrica convencional. A seleção adequada e o dimensionamento correto desses componentes são essenciais para o desempenho eficaz do sistema off-grid

### **2.3.1. Painéis Solares**

**Função Principal:** Os painéis solares fotovoltaicos são responsáveis por capturar a energia solar incidente e convertê-la em eletricidade. Eles realizam essa conversão por meio do efeito fotovoltaico, no qual os fótons de luz solar excitam elétrons nas células fotovoltaicas, gerando uma corrente contínua (DC).

**Composição dos Painéis:** Os painéis solares são compostos por várias células solares interconectadas, geralmente feitas de silício cristalino. Essas células são protegidas por vidro temperado e encapsuladas em um material resistente para proteção contra intempéries.

**Capacidade de Geração:** A capacidade de geração de eletricidade dos painéis solares é medida em watts-pico (Wp) e depende da potência de saída máxima que podem fornecer sob condições ideais de irradiação solar. A capacidade é determinada pelo número e tamanho das células solares nos painéis.

**Orientação e Inclinação:** A eficiência dos painéis solares depende de sua orientação e inclinação em relação à posição do sol. Para maximizar a captura de energia solar, os painéis são frequentemente montados em suportes ajustáveis que podem ser inclinados de acordo com a latitude local e ajustados ao longo do dia para seguir o movimento solar.

**Vida Útil:** Os painéis solares têm uma vida útil longa, geralmente com garantia de desempenho por várias décadas. Eles são projetados para resistir a condições climáticas adversas, como chuva, granizo e vento.

**Manutenção:** A manutenção dos painéis solares é relativamente simples. Em geral, eles requerem limpeza periódica para remover sujeira e detritos que possam reduzir a eficiência da captura de luz solar. Além disso, é importante verificar a integridade do sistema de cabeamento e conectores.

**Localização de Instalação:** Os painéis solares devem ser instalados em locais com exposição adequada à luz solar direta. Isso geralmente envolve a identificação de áreas sem sombreamento significativo ao longo do dia.

Os painéis solares desempenham um papel crítico na geração de energia elétrica a partir da energia solar, tornando-os uma parte fundamental do sistema off-grid para alimentar o moedor de cana com energia sustentável e eficiente.



Figura 01

[https://www.google.com/search?q=foto+de+pain%C3%A9is+solares+fotovoltaicos&sca\\_esv=585730610&tbm=isch&sxsrf=AM9HkKnYO\\_zmarlGalH9pxxlCqswAnYyCQ:1701127040433&source=Inms&sa=X&ved=2ahUKEwiZwdmHqOWCAxU2ppUCHXvjA5wQ\\_AUoAXoECAIQAw&biw=1600&bih=793&dpr=1#imgsrc=QyhrqpBG\\_bVEWM](https://www.google.com/search?q=foto+de+pain%C3%A9is+solares+fotovoltaicos&sca_esv=585730610&tbm=isch&sxsrf=AM9HkKnYO_zmarlGalH9pxxlCqswAnYyCQ:1701127040433&source=Inms&sa=X&ved=2ahUKEwiZwdmHqOWCAxU2ppUCHXvjA5wQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1600&bih=793&dpr=1#imgsrc=QyhrqpBG_bVEWM)

### 2.3.2. Baterias

**Função Principal:** As baterias são componentes cruciais do sistema off-grid, pois desempenham um papel fundamental no armazenamento da energia solar gerada pelos painéis solares durante o dia. Elas armazenam essa energia na forma de eletricidade para uso posterior, permitindo que o moedor de cana seja alimentado à noite ou em condições de baixa luminosidade.

**Capacidade de Armazenamento:** A capacidade de armazenamento de uma bateria é medida em ampères-hora (Ah) e determina a quantidade de energia que pode ser armazenada. O dimensionamento correto das baterias é essencial para garantir que haja energia suficiente disponível durante períodos de pouca ou nenhuma luz solar.

**Vida Útil:** As baterias têm uma vida útil limitada, que é determinada pelo número de ciclos de carga e descarga que podem suportar. É importante escolher baterias de alta qualidade e garantir uma gestão adequada para prolongar sua vida útil.

**Tensão de Saída:** As baterias geralmente fornecem uma tensão contínua que pode variar dependendo do sistema. Um inversor é usado para converter essa corrente contínua (DC) em corrente alternada (AC) que pode ser usada pelo moedor de cana e outros dispositivos.

**Profundidade de Descarga:** A profundidade de descarga (DoD) é a quantidade de energia que pode ser retirada de uma bateria antes de ser recarregada. Manter a DoD dentro de limites recomendados ajuda a prolongar a vida útil das baterias.

**Recarga:** As baterias são recarregadas durante o dia pelos painéis solares. Um controlador de carga regula o processo de carga para evitar sobrecarga ou descarga excessiva, o que pode danificar as baterias.



Figura 02

[https://www.google.com/search?q=bateria+freedom&sca\\_esv=585730610&tbm=isch&sxsrf=AM9HkKnfklhrt5stHU3IIMEMUOGXYnJyHg:1701127217568&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwjD-ZTcqOWCAxWTpZUCHQgABAQQ\\_AUoAnoECAEQBA&biw=1600&bih=793&dpr=1#imgrc=wEpCMgKe88ZyIM](https://www.google.com/search?q=bateria+freedom&sca_esv=585730610&tbm=isch&sxsrf=AM9HkKnfklhrt5stHU3IIMEMUOGXYnJyHg:1701127217568&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwjD-ZTcqOWCAxWTpZUCHQgABAQQ_AUoAnoECAEQBA&biw=1600&bih=793&dpr=1#imgrc=wEpCMgKe88ZyIM)

### 2.3.3. Inversor

**Função Principal:** O inversor é um componente vital do sistema off-grid, pois desempenha o papel de converter a eletricidade gerada pelos painéis solares e

armazenada nas baterias, que é na forma de corrente contínua (DC), em corrente alternada (AC), que é a forma de eletricidade usada pelo moedor de cana e outros dispositivos elétricos.

**Dimensionamento Adequado:** É essencial dimensionar o inversor corretamente para atender às necessidades de carga do moedor de cana e de outros dispositivos. Um inversor subdimensionado pode resultar em perda de energia, enquanto um inversor superdimensionado pode aumentar os custos desnecessariamente.

**Eficiência:** Os inversores têm uma eficiência operacional que pode variar. É importante escolher um inversor com alta eficiência para minimizar perdas na conversão de energia.

**Manutenção:** Os inversores geralmente requerem pouca manutenção, mas é importante verificar regularmente seu funcionamento e status para garantir que estejam operando corretamente.

#### **2.3.4. Controlador de Carga**

**Função Principal:** O controlador de carga é um componente crítico do sistema off-grid, projetado para regular e otimizar o fluxo de energia entre os painéis solares, as baterias e o inversor. Suas principais funções incluem:

**Controle da Carga:** O controlador monitora a tensão das baterias e regula o fluxo de energia dos painéis solares para as baterias durante o processo de carga. Isso evita a sobrecarga das baterias, que pode danificá-las.

**Prevenção de Descarga Excessiva:** Ele também impede a descarga excessiva das baterias, interrompendo a alimentação dos dispositivos conectados quando a tensão da bateria atinge um limite pré-definido, garantindo que as baterias não sejam danificadas pela descarga profunda.

**Monitoramento e Proteção:** Muitos controladores de carga incluem recursos de monitoramento que permitem aos usuários acompanhar o estado das baterias e do sistema. Além disso, eles oferecem proteção contra curto-circuito e proteção reversa para evitar danos aos componentes.

**Tipos de Controladores de Carga:** Existem dois tipos principais de controladores de carga:

**PWM (Pulse Width Modulation):** Os controladores PWM regulam a tensão dos painéis solares para as baterias, controlando a largura dos pulsos elétricos. São uma opção mais econômica, mas menos eficiente em comparação com os controladores MPPT.

**MPPT (Maximum Power Point Tracking):** Os controladores MPPT rastreiam automaticamente o ponto de máxima potência dos painéis solares, ajustando a tensão de saída para maximizar a eficiência na carga das baterias. São mais eficientes e ideais para sistemas maiores ou onde o espaço para painéis solares é limitado.

**Dimensionamento Adequado:** O controlador de carga deve ser dimensionado adequadamente para lidar com a capacidade dos painéis solares e das baterias. Escolher um controlador com capacidade insuficiente pode resultar em subutilização do sistema, enquanto um controlador superdimensionado pode ser desnecessariamente caro.

**Localização de Instalação:** O controlador de carga é geralmente instalado perto do banco de baterias, pois é onde a maior parte do controle de energia ocorre. Deve estar protegido contra intempéries e ambientes adversos.

O controlador de carga é um elemento crítico para garantir que o sistema off-grid funcione de maneira eficaz, protegendo as baterias contra sobrecarga e descarga excessiva, além de otimizar o desempenho global do sistema de energia solar. Sua escolha e configuração adequadas são fundamentais para a operação confiável e duradoura do sistema.



Figura 04

[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3915803020-controlador-de-carga-mppt-40a-1224v-energia-solar-c-nf-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3915803020-controlador-de-carga-mppt-40a-1224v-energia-solar-c-nf-_JM)

### 3. Moedor de Cana

Um moedor de cana, também conhecido como engenho de cana, é um dispositivo utilizado para extrair o suco da cana-de-açúcar. Ele é composto por cilindros ou rolos que esmagam a cana, liberando o suco que é coletado para ser usado na produção de sucos, caldos e outros produtos derivados. Esse equipamento é comumente utilizado em regiões onde a cana-de-açúcar é cultivada, e desempenha um papel crucial na indústria de alimentos e bebidas.



Figura 05.

Foto Moedor de cana (Foto do projeto).

### 3.1. Funcionamento Geral

**Captação de Energia Solar:** Os painéis solares instalados em uma área exposta à luz solar capturam a energia solar incidente durante o dia. À medida que a luz solar incide sobre as células fotovoltaicas dos painéis, ela gera eletricidade na forma de corrente contínua (DC).

**Armazenamento de Energia:** A eletricidade gerada pelos painéis solares é direcionada para o banco de baterias. Lá, a energia é armazenada para uso posterior. As baterias desempenham um papel fundamental, garantindo que a energia esteja disponível quando o moedor de cana precisar, mesmo durante a noite ou em dias nublados.

**Conversão de Corrente:** Quando a energia é necessária para alimentar o moedor de cana e outros dispositivos elétricos, o inversor entra em ação. Ele converte a corrente contínua (DC) armazenada nas baterias em corrente alternada (AC), que é a forma de eletricidade usada pela maioria dos equipamentos elétricos.

**Alimentação do Moedor de Cana:** A energia elétrica convertida pelo inversor é então fornecida ao moedor de cana, que utiliza essa energia para realizar a moagem da cana-de-açúcar de forma eficiente e contínua.

**Controle de Carga e Estado das Baterias:** Durante todo esse processo, o controlador de carga monitora o estado das baterias e regula o fluxo de energia dos painéis solares para as baterias. Isso garante que as baterias não sejam sobrecarregadas e protege contra descargas profundas, prolongando sua vida útil.

**Monitoramento e Proteção:** O sistema geralmente inclui recursos de monitoramento que permitem aos usuários acompanhar o desempenho do sistema, verificar o estado das baterias e ajustar as configurações conforme necessário. Além disso, os controladores de carga e inversores geralmente incluem proteções contra sobrecarga, curto-circuito e outros problemas elétricos.

**Operação Contínua:** O sistema off-grid permite a operação contínua do moedor de cana, mesmo em áreas remotas ou durante cortes de energia na rede elétrica convencional. Isso garante a produção eficiente de açúcar, etanol ou outros produtos derivados da cana-de-açúcar, contribuindo para a economia local e a sustentabilidade.

### **3.2. Benefícios da Moagem de Cana para Produção de Garapa**

A moagem de cana-de-açúcar para a produção de garapa, que é o suco fresco extraído da cana, traz uma série de benefícios específicos:

**Rica em Nutrientes:** A garapa é uma fonte natural de nutrientes, incluindo vitaminas, minerais e antioxidantes. É uma bebida energética que pode fornecer vitaminas do complexo B, vitamina C e outros nutrientes essenciais.

**Uso em Coquetéis e Sobremesas:** Além de ser consumida pura, a garapa pode ser usada na preparação de coquetéis e sobremesas, adicionando um toque de doçura natural a essas receitas.

**Baixo Custo:** A produção de garapa a partir da moagem de cana é geralmente de baixo custo girando em torno de 10 a 15 R\$ o litro no interior de São Paulo, tornando-a acessível para um grande número de pessoas.

**Alternativa Saudável:** A garapa é uma alternativa mais saudável para refrigerantes e outras bebidas açucaradas, pois não contém aditivos ou conservantes.

**Redução de Desperdício:** A moagem de cana para a produção de garapa reduz o desperdício de cana-de-açúcar, aproveitando ao máximo os recursos da planta.



Figura 06

Foto durante o processo de moagem (Foto do projeto).

### **3.3. Redutor: Importância e Funcionamento**

O redutor desempenha um papel crucial em muitos tipos de maquinaria. Sua principal função é reduzir a velocidade de rotação do motor para uma velocidade mais adequada às operações. Aqui estão os principais aspectos da importância e do funcionamento do redutor:

**Importância do Redutor:**

**Adaptação de Velocidade:** Alguns motores geralmente operam em altas velocidades, enquanto outros em si requer rotações mais lentas para efetuar o trabalho de forma eficiente. O redutor permite essa adaptação de velocidade.

**Aumento de Torque:** O redutor também é responsável por aumentar o torque, ou seja, a força de giro, o que é essencial para processar a cana por exemplo com eficácia, mesmo em situações de alta resistência.

**Proteção do Equipamento:** Ao reduzir a velocidade e aumentar o torque, o redutor ajuda a proteger o motor ou outros equipamentos de possíveis danos causados por cargas excessivas ou operação em velocidades não adequadas.

**Seleção da Relação de Engrenagem:** A seleção da relação de engrenagem correta é fundamental para garantir que a velocidade e o torque estejam de acordo com as necessidades específicas dos equipamentos.

O funcionamento preciso do redutor é fundamental para o desempenho eficaz, permitindo que o equipamento trabalhe de maneira eficaz e confiável. A escolha do redutor adequado e a manutenção regular são aspectos críticos para garantir que o sistema funcione corretamente ao longo do tempo.



Figura 06

Foto do redutor utilizado ( Foto do projeto )

## **4. Energia Solar para o Moedor de Cana**

A integração de energia solar em um moedor de cana é de suma importância, pois representa uma abordagem sustentável e ecologicamente responsável na produção de caldo de cana. A energia solar, uma fonte limpa e abundante, permite a redução das emissões de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, ao aproveitar a energia solar, o moedor de cana pode operar de forma mais eficiente e econômica, resultando em custos operacionais mais baixos e maior rentabilidade para os produtores. Essa transição para energias renováveis reflete o compromisso com a preservação do meio ambiente e a busca por soluções energéticas sustentáveis no setor agroindustrial.

### **4.1. Integração dos Painéis Solares com o Moedor**

**Localização Estratégica:** Os painéis solares devem ser instalados em uma localização estratégica próxima ao moedor de cana, de modo que o cabeamento seja minimizado e a eletricidade gerada seja entregue de forma eficiente.

**Montagem Adequada:** Uma estrutura de montagem adequada deve ser utilizada para fixar os painéis solares em uma posição otimizada para captura de luz solar durante o dia. A inclinação e a orientação dos painéis devem ser ajustadas de acordo com a latitude local para maximizar a exposição solar.

**Conversão de Energia:** A eletricidade gerada pelos painéis solares, que é na forma de corrente contínua (DC), precisa ser convertida em corrente alternada (AC) para alimentar o moedor de cana. Para isso, um inversor adequado deve ser instalado, geralmente próximo ao moedor.

**Controlador de Carga:** O controlador de carga, que regula o fluxo de energia dos painéis solares para as baterias, deve ser integrado no sistema para garantir que as baterias sejam carregadas de forma adequada e segura.

**Banco de Baterias:** O banco de baterias, onde a energia solar é armazenada, deve estar em proximidade ao moedor de cana, garantindo que a eletricidade esteja disponível quando necessário para a operação do equipamento.

**Cabeamento e Conectividade:** O cabeamento e os conectores devem ser cuidadosamente planejados e instalados para conectar os painéis solares, o inversor, as baterias e o moedor de cana de maneira eficiente e segura.

**Sincronização com a Demanda:** O sistema deve ser projetado para fornecer energia ao moedor de cana de acordo com a demanda. Isso pode envolver o uso de temporizadores ou controles automáticos para ligar e desligar o moedor conforme necessário.

**Manutenção Regular:** Uma programação de manutenção regular deve ser estabelecida para garantir que todos os componentes do sistema estejam funcionando corretamente. Isso inclui limpeza dos painéis solares, verificação das baterias e inspeção do cabeamento.

#### **4.2. Armazenamento de Energia**

**Armazenamento de Energia Solar:** O armazenamento de energia é uma parte crucial do sistema, pois permite que a eletricidade gerada pelos painéis solares durante o dia seja armazenada para uso posterior. Isso é particularmente importante para fornecer energia ao moedor de cana durante a noite ou em dias nublados, garantindo sua operação contínua.

**Dimensionamento Adequado:** É essencial dimensionar o banco de baterias de forma adequada, levando em consideração a capacidade de geração dos painéis solares e as necessidades de energia do moedor de cana. Um dimensionamento incorreto pode resultar em falta de energia ou excesso de armazenamento não utilizado.

**Vida Útil e Manutenção:** As baterias têm uma vida útil limitada, que depende do número de ciclos de carga e descarga. É importante escolher baterias de qualidade e seguir as práticas de manutenção adequadas para prolongar sua vida útil.

**Sistema de Monitoramento:** Um sistema de monitoramento das baterias é útil para acompanhar o estado de carga e saúde das baterias. Isso permite que os trabalhadores envolvidos identifiquem problemas precocemente e tomem medidas corretivas.

**Profundidade de Descarga:** Para prolongar a vida útil das baterias, é importante evitar a descarga profunda. O sistema deve ser configurado para limitar a descarga das baterias a um nível seguro.

**Segurança:** As baterias utilizadas para o armazenamento de energia devem ser manuseadas com cuidado, pois podem conter substâncias químicas perigosas. Deve-se garantir que as instalações e os procedimentos de segurança adequados estejam em vigor.

**Flexibilidade e Escalabilidade:** O sistema de armazenamento de energia deve ser flexível o suficiente para permitir a adição de baterias adicionais conforme necessário para atender às demandas crescentes de energia ou ampliar o sistema.

### **4.3. Uso Sustentável de Recursos**

**Eficiência Energética:** O uso sustentável de recursos começa com a eficiência energética do sistema. Isso significa projetar o sistema para minimizar o desperdício de energia e maximizar a conversão de energia solar em eletricidade útil para o moedor de cana.

**Otimização de Recursos Solares:** Para garantir o uso eficaz dos recursos solares, os painéis solares devem ser instalados e posicionados de forma a capturar a máxima quantidade de luz solar possível. Isso envolve a escolha de locais adequados e o ajuste adequado da orientação e inclinação dos painéis.

**Reciclagem de Componentes:** Quando os componentes do sistema atingem o final de sua vida útil, é importante reciclá-los de forma adequada, especialmente as baterias. Isso ajuda a evitar a contaminação ambiental e a recuperação de materiais valiosos.

**Gestão Responsável de Resíduos:** A gestão responsável dos resíduos gerados durante a instalação, operação e manutenção do sistema é crucial. Isso inclui a disposição adequada de produtos químicos, materiais e componentes que possam ser prejudiciais ao meio ambiente.

O uso sustentável de recursos é fundamental para garantir que a integração de painéis solares com o moedor de cana seja ambientalmente responsável e economicamente viável a longo prazo. Isso ajuda a preservar os recursos naturais e reduzir o impacto ambiental da operação do sistema

## **5. Redutor**

Um redutor é um dispositivo fundamental em diversas aplicações industriais e mecânicas, desempenhando um papel crucial na redução da velocidade de rotação de um motor para atender a determinada necessidade de funcionamento. Este componente é essencial para otimizar a eficiência e o desempenho de máquinas, equipamentos e sistemas, permitindo a adequação da velocidade e torque para operações específicas. Ao proporcionar essa adequação, os redutores possibilitam um melhor controle sobre o processo, maior durabilidade dos equipamentos e, conseqüentemente, uma economia de energia.



Figura 07

**Fonte:** [https://www.google.com/search?q=redutor+weg+cestari&sca\\_esv=585764117&tbm=isch&sxsrf=AM9HkKmMt7fjWhrv66-c3NvjSQwY1MMMQA:1701127560241&source=Inms&sa=X&ved=2ahUKEwjFmsj\\_g eWCAxX6FrkGHXfEDsIQ\\_AUoAXoECAQQAw&biw=1600&bih=793&dpr=1#imgrc=GnYvIGper6fxGM](https://www.google.com/search?q=redutor+weg+cestari&sca_esv=585764117&tbm=isch&sxsrf=AM9HkKmMt7fjWhrv66-c3NvjSQwY1MMMQA:1701127560241&source=Inms&sa=X&ved=2ahUKEwjFmsj_g eWCAxX6FrkGHXfEDsIQ_AUoAXoECAQQAw&biw=1600&bih=793&dpr=1#imgrc=GnYvIGper6fxGM)

### 5.1. Função do Redutor no Moedor de Cana

**Controle da Velocidade:** O redutor é um componente essencial no moedor de cana, pois desempenha o papel de controlar a velocidade de rotação dos cilindros que espremem a cana-de-açúcar. Isso é crítico para ajustar a intensidade da moagem e garantir que o processo seja eficiente.

**Redução de Velocidade:** O redutor converte a alta velocidade de entrada do motor elétrico em uma velocidade de saída adequada para o processo de moagem. Isso é necessário porque os motores elétricos geralmente operam em velocidades muito altas, enquanto a moagem requer uma velocidade mais lenta e controlada.

**Torque Aumentado:** Além de reduzir a velocidade, o redutor também aumenta o torque disponível para os cilindros de moagem. Isso permite que o moedor de cana lide com a resistência oferecida pela cana-de-açúcar durante o processo de espremer o caldo.

**Consistência na Moagem:** O redutor contribui para manter a consistência na moagem da cana-de-açúcar. A velocidade controlada e o torque adequado garantem que a cana seja processada de maneira uniforme, resultando em um produto final de qualidade.

**Proteção do Equipamento:** Além de melhorar o desempenho, o redutor também desempenha um papel na proteção do equipamento. Ele ajuda a evitar sobrecargas e desgaste excessivo, prolongando a vida útil do moedor de cana.

**Adaptação a Diferentes Condições:** O redutor pode ser ajustado para lidar com diferentes tipos de cana-de-açúcar, variando a velocidade e o torque conforme necessário para otimizar a moagem.

**Segurança Operacional:** Um redutor bem projetado contribui para a segurança operacional, evitando que o equipamento funcione em velocidades perigosamente altas e mantendo o processo de moagem sob controle.

**Eficiência Energética:** O redutor também desempenha um papel na eficiência energética, pois permite que o motor opere em uma faixa de velocidade mais eficiente, economizando energia durante o processo de moagem.

## **5.2. Redutor utilizado**

O redutor utilizado no projeto, é um redutor de coroa e rosca da marca WEG Cestari com uma relação de redução de 20:1, o que significa que a cada 20 voltas do eixo de entrada do redutor o de saída será de uma volta.

### **5.3. Eficiência e Manutenção**

#### **Eficiência do Redutor:**

**Eficiência Energética:** A eficiência do redutor é crucial para garantir que a energia seja convertida de forma eficaz e que o moedor de cana funcione com o mínimo de perdas. Redutores bem projetados podem ser altamente eficientes, minimizando o desperdício de energia durante a redução de velocidade.

**Seleção Adequada:** Escolher o tipo de redutor correto para a aplicação específica é fundamental para garantir a eficiência. O redutor deve ser dimensionado adequadamente para a carga e a velocidade de operação do moedor de cana.

**Manutenção Regular:** A manutenção preventiva é importante para manter a eficiência do redutor ao longo do tempo. Isso inclui a lubrificação adequada, a inspeção de desgaste e a substituição de peças desgastadas.

#### **Manutenção do Redutor:**

**Lubrificação:** A lubrificação adequada é essencial para a vida útil do redutor. Deve-se seguir o cronograma de lubrificação recomendado pelo fabricante para garantir que todas as partes móveis estejam bem lubrificadas.

**Inspeção Regular:** A realização de inspeções regulares do redutor é importante para identificar sinais de desgaste, vazamentos de óleo ou qualquer problema potencial. Problemas detectados precocemente podem ser corrigidos antes que causem danos significativos.

**Substituição de Peças Desgastadas:** Se componentes do redutor, como engrenagens, rolamentos ou selos, estiverem desgastados, eles devem ser substituídos imediatamente para evitar danos adicionais ao redutor e ao moedor de cana.

**Ajuste de Tensão de Correias e Correntes:** Se o moedor de cana usar um sistema de correias ou correntes para transmitir energia do redutor, é importante

verificar e ajustar regularmente a tensão desses elementos para garantir um funcionamento suave e eficiente.

Ambiente de Trabalho Limpo: Manter o ambiente de trabalho limpo e livre de contaminantes é importante para a saúde do redutor. Poeira, sujeira e umidade podem prejudicar o funcionamento adequado.

## **6. Desempenho e eficiência.**

### **6.1. Capacidade de Moagem**

Capacidade Nominal: A capacidade de moagem de um moedor de cana é geralmente expressa em termos de quantidade de cana-de-açúcar processada por unidade de tempo, como quilogramas por hora (kg/h) ou toneladas por dia. A capacidade nominal representa a quantidade máxima teoricamente possível de ser moída sob condições ideais.

Potência do Motor:  $\frac{1}{4}$  c.v.

Velocidade de Rotação: A velocidade de rotação dos cilindros de moagem é de 1570 RPM.

Eficiência do Redutor: Um redutor eficiente contribui para a capacidade de moagem ao transmitir torque suficiente para espremer a cana-de-açúcar de maneira eficaz. Redutores mal projetados ou desgastados podem limitar a capacidade do moedor.

Estado da Cana-de-Açúcar: A qualidade e o estado da cana-de-açúcar também afetam a capacidade de moagem. Cana fresca e bem preparada é mais fácil de moer do que cana envelhecida ou danificada.

Ajustes e Manutenção: Manter o moedor de cana bem ajustado e em boas condições de manutenção é fundamental para garantir sua capacidade de moagem máxima. Isso inclui, substituir peças desgastadas e manter o redutor em bom estado.

## 6.2. Autonomia do Sistema

A autonomia do sistema em um moedor de cana alimentado por energia solar se refere à capacidade do sistema de continuar operando de forma autônoma, mesmo quando não há luz solar disponível. Esta é uma consideração crítica, especialmente em locais onde a exposição solar pode variar ao longo do dia ou em estações do ano com menos luz solar.

**Eficiência Energética:** Maximizar a eficiência energética do moedor de cana e do sistema solar ajuda a prolongar a autonomia. Isso inclui a escolha de componentes de alta eficiência, bem como a otimização do sistema de energia.

**Planejamento de Produção:** O planejamento da produção pode ser ajustado para considerar as limitações de autonomia. Por exemplo, é possível moer cana durante o dia para maximizar o uso da energia solar e limitar a produção noturna.

## 6.3. Monitoramento de Energia

**Medição de Geração Solar:** É importante medir a quantidade de energia solar gerada pelos painéis solares. Isso pode ser feito por meio de medidores de energia solar ou inversores que fornecem dados em tempo real sobre a geração de eletricidade.

**Medição de Consumo:** Para entender como a energia está sendo usada no moedor de cana, é necessário medir o consumo de energia do equipamento. Isso pode incluir o consumo do motor, redutores e outros dispositivos elétricos.

**Monitoramento de Baterias:** As baterias do sistema de armazenamento de energia devem ser monitoradas de perto. Isso inclui o nível de carga, a saúde das baterias e a detecção de quaisquer problemas, como sobrecargas ou descargas profundas.

**Controle de Carga:** Um controlador de carga é frequentemente usado para regular o fluxo de energia dos painéis solares para as baterias. O monitoramento do controlador de carga ajuda a garantir que as baterias estejam sendo carregadas de maneira adequada e segura.

## **7. Impacto Ambiental e Social.**

A integração de um moedor de cana alimentado por energia solar com sistema off-grid e um redutor contribui significativamente para a redução das emissões de carbono e para a promoção da sustentabilidade ambiental.

### **7.1. Redução de Emissões de Carbono**

**Energia Renovável:** O uso de energia solar como fonte principal de energia elimina a necessidade de usar combustíveis fósseis, como diesel ou eletricidade gerada a partir de carvão, para alimentar o moedor de cana. Isso reduz drasticamente as emissões de carbono associadas à produção de energia.

**Menor Dependência de Combustíveis Fósseis:** A adoção de sistemas off-grid de energia solar reduz a dependência contínua de combustíveis fósseis para a operação do moedor de cana, tornando o processo mais resiliente às flutuações nos preços dos combustíveis.

**Demonstração de Sustentabilidade:** A implementação de tecnologias de energia solar em processos de produção, como moagem de cana, serve como um exemplo de práticas sustentáveis para a comunidade local e a indústria, incentivando a adoção de energias renováveis.

**Benefícios Econômicos:** Além dos benefícios ambientais, a redução das emissões de carbono pode levar a economias significativas de custos a longo prazo, uma vez que os custos de combustíveis fósseis são eliminados.

## **7.2. Sustentabilidade a Longo Prazo**

**Manutenção Regular:** A manutenção regular do moedor de cana, dos painéis solares, do sistema de armazenamento de energia e do redutor é essencial para garantir que o equipamento funcione de maneira eficiente ao longo do tempo.

**Substituição de Componentes:** Com o tempo, componentes podem desgastar-se ou tornar-se obsoletos. A substituição de peças desgastadas e a atualização de componentes quando necessário são fundamentais para manter a operação sustentável.

## **8. Conclusão**

### **8.1. Realizações e Lições aprendidas**

#### **Realizações:**

**Eficiência Energética:** O uso do nosso moedor de cana com o sistema de energia renovável (energia solar) permitiu uma operação mais eficiente, economizando energia e recursos.

**Autonomia Operacional:** O sistema off-grid (fora da rede) proporcionou autonomia operacional, permitindo que o moedor de cana funcione mesmo em áreas remotas ou em condições climáticas adversas.

**Lições Aprendidas:**

**Dimensionamento Adequado:** Dimensionar corretamente os componentes do sistema, como painéis solares e baterias, foi fundamental para evitar problemas de eficiência e autonomia insuficiente.

**Manutenção Regular:** A manutenção regular é crítica para garantir a operação contínua e eficiente do sistema. Ignorar a manutenção



Figura 08

Logotipo da Etec Sylvio de Mattos Carvalho

Fonte: Arquivo da Unidade Escolar 2023

## Referências Bibliográficas

- Acervo da biblioteca Etec – Centro Paula Souza
- Acervo do Google Academico ([https://scholar.google.com.br/schhp?hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5](https://scholar.google.com.br/schhp?hl=pt-BR&as_sdt=0,5))
- SELEÇÃO DE UM REDUTOR DE ENGRENAGENS PARA UM AGITADOR E PLANEAMENTO DAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO (<http://hdl.handle.net/10362/2511>)
- ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (<https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/feiramatematica/article/view/9244>)
- Silva, H. M. F. da ., & Araújo, F. J. C. . (2022). ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação*, 8(3), 859–869. (<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654>)