

DAYANI REGINA DA SILVA

**CONSUMO DE ENERGIA DE UMA CORREIA TRANSPORTADORA  
UTILIZADA EM UNIDADES DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS**

CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
AGOSTO – 2020

DAYANI REGINA DA SILVA

**CONSUMO DE ENERGIA DE UMA CORREIA TRANSPORTADORA  
UTILIZADA EM UNIDADES DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS**

Trabalho apresentado à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Maritane Prior.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira.

CASCABEL  
PARANÁ – BRASIL  
AGOSTO – 2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Silva, Dayani Regina da  
Consumo de energia de uma correia transportadora  
utilizada em unidades de armazenamento de grãos / Dayani  
Regina da Silva; orientador(a), Maritane Prior;  
coorientador(a), Carlos Eduardo Camargo Nogueira, 2020.  
46 f.

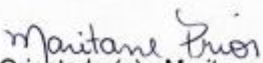
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste  
do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e  
Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Energia na Agricultura, 2020.

1. Engenharia. 2. Energia. 3. Agricultura. I. Prior,  
Maritane. II. Nogueira, Carlos Eduardo Camargo. III.  
Titulo.

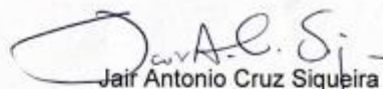
**DAYANI REGINA DA SILVA**

Consumo de energia de uma correia transportadora utilizada em unidades de armazenamento de grãos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Fontes Renováveis e Racionalização de Energia Na Agroindústria e Agricultura, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

  
Orientador(a) - Maritane Prior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

  
Jaír Antonio Cruz Siqueira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

  
Carlos Roberto Moreira  
Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG)

Cascavel, 09 de março de 2020

*Dedico este trabalho ao meu sobrinho,  
Henrique.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela forma de me guiar pelos melhores caminhos, pela graça da vida e firmeza para vencer os obstáculos.

Aos meus pais, pelo carinho e exemplo de determinação e honestidade. Aos novos e antigos amigos.

A minha orientadora, Professora Dr<sup>a</sup>. Maritane Prior pelas orientações, companheirismo, compreensão, preocupação e carinho ao longo do desenvolvimento da pesquisa. Ao meu coorientador, Professor Dr. Carlos Eduardo Nogueira pelo grande auxílio.

Agradeço aos professores do Curso da Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, à assistente Vanderléia L. S. Schmidt, pela dedicação ao ofício.

Aos colegas e professores que trabalham nos laboratórios de Energia – LENE e de Topografia e Geoprocessamento - GEOLAB, pela parceria e auxílio durante a pesquisa.

À família Aimi, por disponibilizar a área de experimento, equipamentos e mão de obra.

Ao antigo Instituto Ambiental do Paraná – IAP, agora Instituto Água e Terra, por permitir a conciliação das atividades.

Aos meus amigos de trabalho, pelo incentivo e compreensão.

Ao Professor Adriano Afonso, pela disposição e ajuda nas coletas dos dados.

Ao meu noivo Adriano Afonso, pelo carinho e atenção.

A todos, minha gratidão.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Consumo final de energia. ....	6
Figura 2. Evolução da Produção de grãos vs Capacidade Estática (mil t). ....	7
Figura 3. Localização do experimento.....	11
Figura 4. Características da correia construída.....	12
Figura 5. Correia transportadora construída.....	13
Figura 6. Motor (A), forma que o motor foi acoplado na estrutura da correia transportadora (B) .....	14
Figura 7. Inversor de frequência, WEG.....	15
Figura 8. Analisador de energia EMBRASUL - RE7080.....	16
Figura 9. Ligação das cargas no sistema trifásico.....	16
Figura 10. Comportamento das variáveis de tensão (v) e frequência obtidas por meio do inversor de frequência. ....	20
Figura 11. Comportamento da corrente média das aberturas (A) de acordo com a abertura do registro (%)......	20
Figura 12. Consumo de energia (Wh) em função da velocidade da correia transportadora (m/s)......	24
Figura 13. Consumo de energia elétrica (Wh) em função da abertura do registro (%)......	25
Figura 14. Tendência dos dados ordenados. ....	26

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Combinação de ensaios realizados.....	17
Tabela 2. Velocidades obtidas para cada combinação amostrada. ....	21
Tabela 3. Fluxo de grãos (t/h) na correia transportadora. ....	21
Tabela 4. Energia consumida pela correia transportadora.....	23
Tabela 5. Consumo de energia em relação à frequência.....	26
Tabela 6. Consumo de energia em relação à frequência no motor.....	26
Tabela 7. Consumo de energia em relação à abertura do registro. ....	27
Tabela 8. Consumo de energia em relação à abertura do registro. ....	27
Tabela 9. Fluxo de grãos em relação à frequência no motor. ....	28
Tabela 10. Fluxo de grãos em relação à frequência no motor. ....	28



SILVA, Dayani Regina. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2019. **Consumo de energia de uma correia transportadora utilizadas em unidades de armazenamento de grãos.** Maritane Prior, Carlos Eduardo Camargo Nogueira.

## RESUMO

Durante o beneficiamento de produtos agrícolas em unidades armazenadoras de grãos, são utilizadas correias transportadoras para transporte dos grãos. Devido ao grande potencial de racionalização do uso de energia elétrica em unidades armazenadoras, foi avaliado a energia elétrica consumida por uma correia para transportar 720 kg de milho, a partir de diferentes velocidades de deslocamento associadas a diferentes cargas aplicadas. Iniciou-se com a instalação de um inversor de frequência capaz de controlar a velocidade de deslocamento da correia transportadora. Foram medidas as tensões, corrente e potências para cada velocidade de deslocamento. Foram utilizadas as frequências de 30, 40, 50 e 60 Hz assim como regulagens de abertura do registro acoplado na caixa de carga, com os percentuais de 10, 20, 30 e 40%. As faixas de controle de frequência da rede, associados à quantidade de grãos transportados pela correia transportadora, apresentaram bons resultados quanto à redução de consumo de energia. Os resultados obtidos mostraram que tanto a potência requerida do motor quanto a corrente elétrica solicitada para transportar os grãos, apresentaram influência direta com o controle da frequência da rede, assim combinada as aberturas do registro. As percentagens de aberturas do registro de descarga de 30 e 40% apresentaram melhores resultados de fluxo de grãos na correia transportadora, assim como no consumo de energia por meio do motor elétrico.

**PALAVRAS-CHAVE:** inversor de frequência, otimização operacional, eficiência energética.

SILVA, Dayani Regina. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2019. **Energy consumption of a conveyor belt used in grain storage units.** Maritane Prior, Carlos Eduardo Camargo Nogueira.

## **ABSTRACT**

During the processing of agricultural products in grain storage units, conveyor belts are used to transport the grains. Due to the great potential for rationalizing the use of electrical energy in storage units, the electrical energy consumed by a conveyor belt was studied from different displacement speeds associated with different applied loads, from the installation of a frequency inverter capable of controlling the speed of travel of the conveyor belt. Voltages, currents and powers were measured for each travel speed. The frequencies of 30, 40, 50 and 60 Hz were used and the opening settings of the register coupled to the load box were used with the percentages of 10, 20, 30 and 40%. The frequency control ranges of the network, associated with the amount of grains transported by the conveyor belt, showed good results in terms of energy consumption reduction. The results obtained showed that the required power of the motor, and the electric current requested to transport the grains, had a direct influence with the frequency's control of the network combined with the record openings. The percentage of openings in the discharge register of 30 and 40% showed better results of grain flow on the conveyor belt and energy consumption through the electric motor.

**KEYWORDS:** frequency invertes, operational optimization, energy efficiency.

## ÍNDICE

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo geral .....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Produção de grãos no Brasil .....	4
2.2. Consumo de energia em sistemas agroindustriais.....	5
2.2.1. A importância do armazenamento de grãos no Brasil.....	7
2.2.2. Sistemas de transportes de grão utilizadas em unidades armazenadoras....	9
2.2.3. Correias transportadoras.....	10
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
3.1. Localização do experimento.....	11
3.2. Desenvolvimento do experimento .....	12
3.3. Inversor de frequência.....	14
3.4. Corrente e tensão elétrica .....	15
3.5. Procedimentos experimentais .....	17
3.5.1. Quantidade de produto transportado (t/h) .....	18
3.5.2. Velocidade da correia (m/s).....	18
3.5.3. Grandezas elétricas.....	19
3.5.4. Velocidades de deslocamento da correia e fluxo de grãos .....	21
3.5.5. Análise estatística.....	22
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
4.1. Análise dos dados .....	23
4.1.1. Consumo de energia elétrica.....	23
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de grãos no Brasil na safra 2019/2020 deve alcançar 251 milhões de toneladas (CONAB, 2020). O país atualmente é o maior produtor de soja no mundo e o terceiro maior produtor de milho. Estes produtos são destinados principalmente para a alimentação humana e animal. Parte da produção é comercializado internamente e outra parte destinada à exportação (PRESTES et al., 2019; RIBEIRO et al., 2020; FAVRO et al., 2012; WESZ JUNIOR, 2019).

Durante a safra de grãos, conforme a colheita vai avançando, a concorrência para o escoamento da safra aumenta. Os fatores relacionados à oferta e demanda, quando no período da safra, apresentam quantidade de produto disponível para a comercialização aliado às incertezas do mercado de *commodities*, forçando então os produtores de grãos a optarem pelo armazenamento do produto colhido. A comercialização do produto no período da entressafra, devido a menor oferta de grãos na praça e menores gastos com o frete, torna-se um indicativo de melhor valorização do produto (ARTUZO et al., 2014; FILIPPI et al., CORREA E RAMOS, 2010).

Da Silva (2006) afirma que para armazenar corretamente os grãos colhidos, uma unidade armazenadora de grãos deve ser adequadamente dimensionada e estruturada basicamente para o recebimento, limpeza, secagem, armazenagem e expedição. Questões como classificação e comercialização de grãos, operação de secadores, capacidade e funcionamento dos equipamentos e compreensão sistemática da tarifação de energia, são fatores operacionais imprescindíveis para o sucesso da unidade.

Souza Silva et al., (2008) e Vieira et al., (2018) descreveram que o sistema de movimentação de produto dentro da unidade armazenadora de grãos, é feito por transportadores que levam os grãos de um processo ao outro, e/ou de uma estrutura a um maquinário de acordo com o fluxograma operacional da unidade. Comumente os equipamentos mais utilizados para este fim nesse segmento, são os elevadores de caçambas, fitas ou correias transportadoras, transportadores pneumáticos e transportadores helicoidais.

As correias transportadoras são equipamentos projetados para movimentar produtos agrícolas, principalmente no sentido horizontal. O fluxo de grãos é

depositado normalmente por calhas ou tremonhas nas correias transportadoras. Estas são constituídas por uma correia estendida entre os tambores motriz, sendo acoplado ao motor elétrico e de retorno e apoiadas sobre vários roletes (SANTOS & OLIVEIRA, 2013; CESAR DA SILVA, 2006).

Dentre as várias cargas existentes em uma unidade armazenadora, as mais significativas, em termos de consumo de energia elétrica, são aquelas que produzem força motriz. Desta forma, o consumo de energia elétrica nesta etapa de pós colheita corresponde a uma parcela expressiva nos custos com energia elétrica, visto a quantidade de motores elétricos envolvidos no transporte de produtos agrícolas (JASPER, 2006; ANDRADE, 2003; ANDRADE et al., 2000).

David et al., (2016) apresentaram análises das tarifas de consumo de energia elétrica, no ano de 2013, de onze unidades de armazenamento de grãos, situadas nas regiões norte do estado do Paraná. As informações apresentadas neste estudo mostraram em alguns casos que, mesmo com capacidades de armazenamentos iguais, os valores totais gastos com energia elétrica naquele ano foram consideravelmente diferentes. Como exemplo, as unidades denominadas no estudo como U4, U5 e U6, com capacidade de armazenamento iguais a 8 mil toneladas, apresentaram e gastos com energia elétrica de R\$ 61.629,66; R\$ 54.113,35 e R\$ 35.484,72 respectivamente. Outra observação relevante foi exibida nesse mesmo levantamento, onde constatou-se que a U2 com capacidade de armazenamento de 6 mil toneladas apontou aproximadamente R\$ 22.737,00 a mais com gasto que a U3, a qual tinha a capacidade de 7 mil toneladas.

Apesar de possuir uma carência de pesquisa nesta área, existe um grande potencial de racionalização do uso de energia elétrica em unidades armazenadoras (TEIXEIRA et al., 2007; DAVID et al., 2019). Assim sendo, alguns procedimentos tornam os processos mais eficientes do ponto de vista técnico e econômico. Além do mais, contribuem significativamente para a diminuição dos custos com energia elétrica, durante o beneficiamento dos grãos em unidades beneficiadoras.

Diante do exposto, este estudo busca analisar comparativamente a utilização de diferentes velocidades de deslocamento de uma correia transportadora. Essas combinadas a cargas de grãos distintas, tem como base o consumo de energia elétrica do sistema de transportadores utilizados em unidades armazenadoras.

### **1.1. Objetivo geral**

Avaliar o consumo de energia elétrica em motor acionador de uma correia transportadora a partir das diferentes velocidades de deslocamento, utilizando as frequências para operação do motor elétrico de 30, 40, 50 e 60 Hz, combinadas as cargas de transporte de milho obtidas com os percentuais de aberturas do registro de 10%, 20%, 30% e 40% de abertura.

### **1.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar a corrente elétrica (A) e potência (W) para cada velocidade de deslocamento e para cada carga aplicada, utilizando-se de um analisador de grandezas elétricas;
- b) Medir a corrente (A), tensão (V) e frequência (Hz) do motor elétrico acoplado a correia transportadora, utilizando-se de um inversor de frequência;
- c) Estabelecer a combinação ideal de consumo de energia em função das velocidades de deslocamento e das cargas aplicadas à correia transportadora.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Produção de grãos no Brasil

Nas últimas décadas, as transformações ocorridas durante o processo de modernização da agricultura no Brasil, inerentes aos avanços tecnológicos, provocaram uma evolução socioeconômica que culminou na mudança do cenário da agricultura mundial (BARONI et al., 2017). A importância do agronegócio tem se expandido na economia brasileira, exercendo importante papel na dinâmica econômica e social (BUAINAIN et al., 2014).

Mattei (2014) descreveu que, devido à grande quantidade de produto agrícola no mercado, sistematicamente, a agricultura passou a depender da disponibilidade de armazéns e infraestrutura própria. Martinelli et al. (2011) afirmam que a demanda mundial por alimentos vem apresentando crescimento ordenado nos últimos anos. Este cenário tem influenciado diretamente o comércio internacional de produtos agrícolas, do qual o Brasil é participante ativo, ocupando posição de destaque no que se refere à questão da segurança alimentar no mundo (FRIES & CORONEL, 2014; BUAINAIN et al., 2014).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2019), a estimativa de produção de grãos para a safra 2018/2019 é de 240,7 milhões de toneladas no Brasil. O país é o segundo maior produtor de soja no mundo, sendo que a oleaginosa tem sido a principal cultura cultivada no país nos últimos 20 anos, com produtividade superior a 114 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. O Brasil se destaca como terceiro maior produtor de milho, com volumes de produção superiores a 200 milhões de toneladas na safra 2017/2018 (CONAB, 2019; EMBRAPA, 2019).

Entre os estados que mais contribuem para este cenário produtivo, está o Mato Grosso, estado responsável por aproximadamente 26% da produção, ou seja, equivalente a 31,89 milhões de toneladas de soja. Ocupando o segundo lugar no ranking nacional está o estado do Paraná, o qual contribui com 16,5%, seguindo do estado do Rio Grande do Sul que contribuiu com 14% da produção de soja no país (CONAB, 2018).

Da mesma forma, balanços da CONAB (2018), em semelhança ao milho, indicam que o estado do Mato Grosso, com produtividade superior a 26 mil

toneladas, o estado do Paraná com mais de 11 mil toneladas e o estado do Mato Grosso do Sul, com aproximadamente 9 mil toneladas, são os maiores produtores da gramínea na segunda safra.

No quinto levantamento de acompanhamento da safra brasileira de grãos, a CONAB (2020) estima que o crescimento da safra 2019/20 de grãos no país, em comparação ao ano agrícola anterior, alcance aproximadamente 10 milhões de toneladas. Ainda segundo o mesmo boletim, somente em relação ao milho, considerando a primeira, segunda e terceira safras, a gramínea, no período 2019/20, apresentará um crescimento de 0,4% em comparação ao ano anterior, o que significará uma produção de 1000 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

Pavão e Ferreira Filho (2011) relatam da importância comercial do cereal, notadamente caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, abrangendo a alimentação humana, alimentação animal e usos industriais. Cirilo Silva e Jolomba Silva (2017), afirmam que cerca de 70% do milho produzido no Brasil se destina à alimentação animal.

Nesse contexto, a armazenagem é utilizada como estratégia para manter as características do produto oriundo do campo, favorecendo o aumento das receitas no setor através da cadeia produtiva de grãos (OLIVEIRA, 2007).

## **2.2. Consumo de energia em sistemas agroindustriais**

O clima e a extensa área de terra cultivável favorecem a produção diversificada de produtos no país. O desenvolvimento tecnológico significativo favorece o setor do agronegócio, que cresce expressivamente no Brasil (BARONI et al., 2017; GUILHOTO et al., 2006; MARINHO et al., 2017).

Montoya et al. (2016) descrevem que em alguns setores da agroindústria está ocorrendo um aumento substancial no consumo de energia, em particular na matriz que utiliza formas intensas de recursos energéticos.

Gasques et al. (2016) afirmam que o investimento de recursos associado ao aumento do uso de máquinas agrícolas, tem sido um dos fatores fundamentais inerentes à crescente produtividade agrícola no Brasil.

O uso de motores elétricos e o acesso às informações foram favorecidos com a chegada da eletricidade. O campo se industrializou e se modernizou,



implicando em uma melhora substancial na produtividade. Logo, as propriedades rurais, e sobretudo o que elas produzem, passaram a ser um item de interesse no ambiente da economia das indústrias produtoras de bens e serviços para agricultura, ficando conhecido como agronegócio (MONTROYA et al., 2016).

Em termos de quantidade de energia, a agricultura brasileira consome em torno de 12 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (MME, 2017). A Agência de Energia Elétrica – ANEEL, aponta que o fator de conversão teórico entre tep (toneladas equivalentes de petróleo) e MWh (Megawatt-hora), considerando a primeira lei da termodinâmica, é de 0,086 tep/MWh. Portanto, a título de comparação, a energia utilizada pela agricultura no Brasil em 2017 foi equivalente a 96,5 milhões de MWh (Figura 1), ou seja, mais do que a energia gerada no ano de 2018 (103 milhões de MWh) pela segunda maior hidrelétrica do mundo, Usina Hidrelétrica de Itaipu. Essa usina é responsável por fornecer 20% de toda a energia elétrica consumida em nosso país (ITAIPU BINACIONAL, 2018).

Oparaocha e Dutta (2011) ressaltam que a disponibilidade de energia elétrica é fundamental na agricultura, tanto para o beneficiamento de grãos na pós-colheita quanto para o armazenamento, o processamento e a industrialização de grãos.



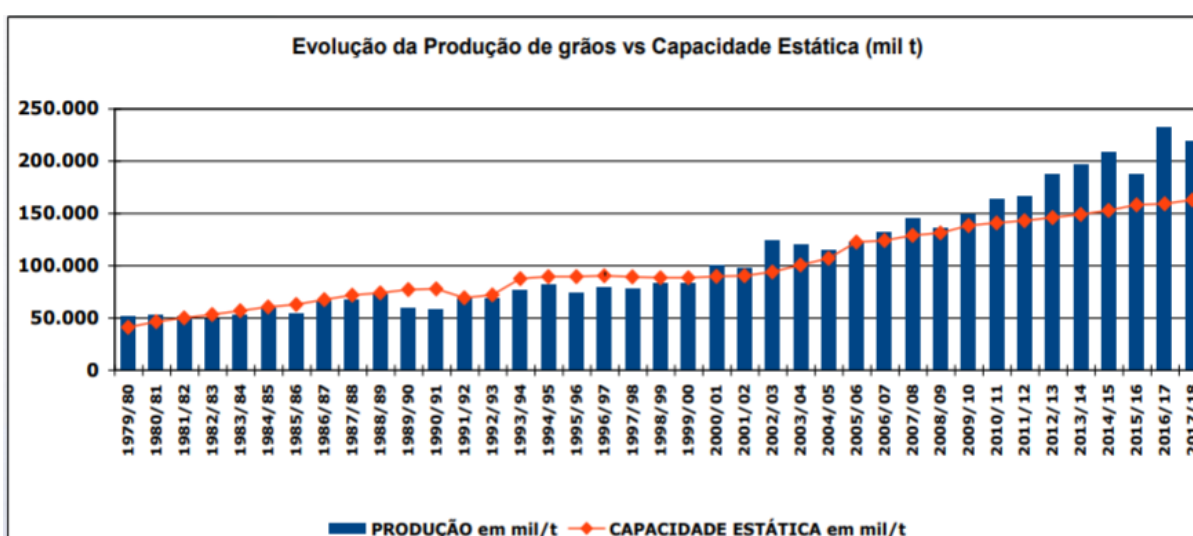
**Figura 1.** Consumo final de energia.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – Plano Decenal de Expansão de Energia, 2019.

Da Silva (2006) afirma que a automação de unidades armazenadoras fazem destas, grandes consumidoras de energia elétrica. Ainda que se utilize a entalpia do ar como fonte de energia para a secagem, há que se considerar o custo da energia elétrica para o acionamento dos ventiladores. Dessa forma, dependendo do número de secadores e quantidade de produto a serem secos, representa um custo considerável no processo. Assim sendo, faz-se necessário que o mapeamento e a eliminação dos pontos de desperdício, sejam uma prática rotineira a ser executada nos equipamentos elétricos (LOPES, 2000; DA SILVA et al., 2006; DALPASQUALE & SPERANDIO, 2010).

### 2.2.1. A importância do armazenamento de grãos no Brasil

A capacidade de armazenamento estático cadastrados pela CONAB no país é de aproximadamente 167 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2018). O escoamento da safra e a comercialização dos grãos é realizado preferencialmente na entressafra, onde os custos com os transportes rodoviários são mais baixos. Considerando que há um déficit na capacidade de armazenagem de grãos no país (Figura 2), faz-se necessário escoar uma parte significativa da produção durante o período de safra.



**Figura 2.** Evolução da Produção de grãos vs Capacidade Estática (mil t).  
Fonte: CONAB, 2018.

A composição dos custos do frete é fundamentalmente dependente dos preços do combustível, pedágios e a demanda do transporte, os quais, durante a safra, significam aumento de 30% nos custos demandados na logística (STEINER NETO, 2017; KIUSSANO & BATALHA, 2012).

Nesse contexto, Oliveira (2017) afirma que a armazenagem é utilizada como estratégia para manter as características do produto que veio do campo, favorecendo aumento das receitas no setor ao longo da cadeia produtiva de grãos. Por outro lado, no comércio, mesmo com o preço do milho permanecendo em ascensão, os comerciantes e/ou produtores armazenam o produto à espera de preços ainda maiores (CEPEA, 2020).

Finoto et al. (2007) e Neto et al. (2016) afirmam que a época da colheita é considerada o momento mais crítico do processo, pois as condições climáticas impostas às sementes no campo e o dano mecânico ocasionado na colheita tendem à deterioração rápida do produto.

No fluxograma da unidade armazenadora, basicamente, os grãos na recepção são pesados e classificados (DA SILVA, 2006). Schropfer et al. (2018) e Faroni (1998), descreveram que os lotes de grãos que apresentarem impurezas e material estranho ao produto são encaminhados para a máquina de pré-limpeza. Através de um conjunto de peneiras vibratórias, são retiradas as impurezas grosseiras, tais como poeira, torrões de terra, vagens, sabugos e palhas, provenientes do campo de colheita. Também são retiradas as impurezas com valor comercial, tais como fragmentos de grãos, bandinhas, grãos quebrados, as quais são aproveitadas para outras finalidades, como ração ou acréscimo ao produto na expedição. Esta etapa do processamento é indispensável, pois o produto, ao conter impurezas e matérias estranhas, abrange maior quantidade de microrganismos, apresentando condições que aceleram sua deterioração, além de manifestar teores de umidade mais elevados que o produto (LIMA et al., 2011; FARONI & SILVA, 2008).

Nesse cenário, a etapa de secagem na unidade armazenadora se justifica, pois, na maturação fisiológica, quando as sementes ficam independentes da planta mãe, apresentam máxima qualidade do grão, e ainda, altos teores de água (BOTELHO et al., 2018). Desta forma, o intervalo entre o estádio e a colheita deve ser curto. Assim sendo, parte da água contida nos grãos é retirada na secagem,

para que ao serem armazenados, sejam garantidas as características do produto (BOTELHO et al., 2018 e MATHIAS et al., 2017).

Para a comercialização da soja, a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - IN MAPA 11/2007, recomenda um percentual máximo de 14% de umidade para a comercialização. Contudo, para o armazenamento seguro é interessante um teor de umidade final de aproximadamente 11% a 12%, com o intuito de inibir o desenvolvimento de microrganismos, assim como reduzir a incidência de pragas de grãos armazenados (LOPES; et al., 2000, MOHLER, 2010, CONAB, 2019).

A redução do teor de umidade ou de água do produto agrícola é realizada através de equipamentos secadores. Os mesmos têm a finalidade de retirar o excesso de água do produto agrícola até o nível considerado de segurança para o armazenamento, sendo tecnicamente indicado 14% de umidade. Após o processo de secagem, os produtos agrícolas são armazenados a granel em silos ou armazéns graneleiros (SMANIOTTO et al., 2014; AFONSO e JUNIOR GUERRA, 2010).

### **2.2.2. Sistemas de transportes de grão utilizadas em unidades armazenadoras**

Fernandes et al. (2016) e Araujo et al. (2014) expõem que a otimização dos transportadores para a movimentação interna dos grãos em unidades armazenadoras, contribuem para a redução dos custos operacionais e manutenção da qualidade do produto armazenado.

Andrighetto et al. (2008) e Da Silva (2005) apresentaram que os equipamentos que comumente exercem essas funções são os transportadores helicoidais. Os mesmos são compostos por uma rosca sem fim que, ao promover o movimento de rotação da rosca em um tubo, desloca o produto ao longo do helicóide.

Elevadores de caçambas, de maneira geral, trabalham na posição vertical. Em sua constituição apresentam caçambas ou canecas em movimento rotativo que

coletam os grãos na subida do elevador e ao descer, descarregam a carga (DA SILVA, 2005; MIRAVETE, 1996).

### **2.2.3. Correias transportadoras**

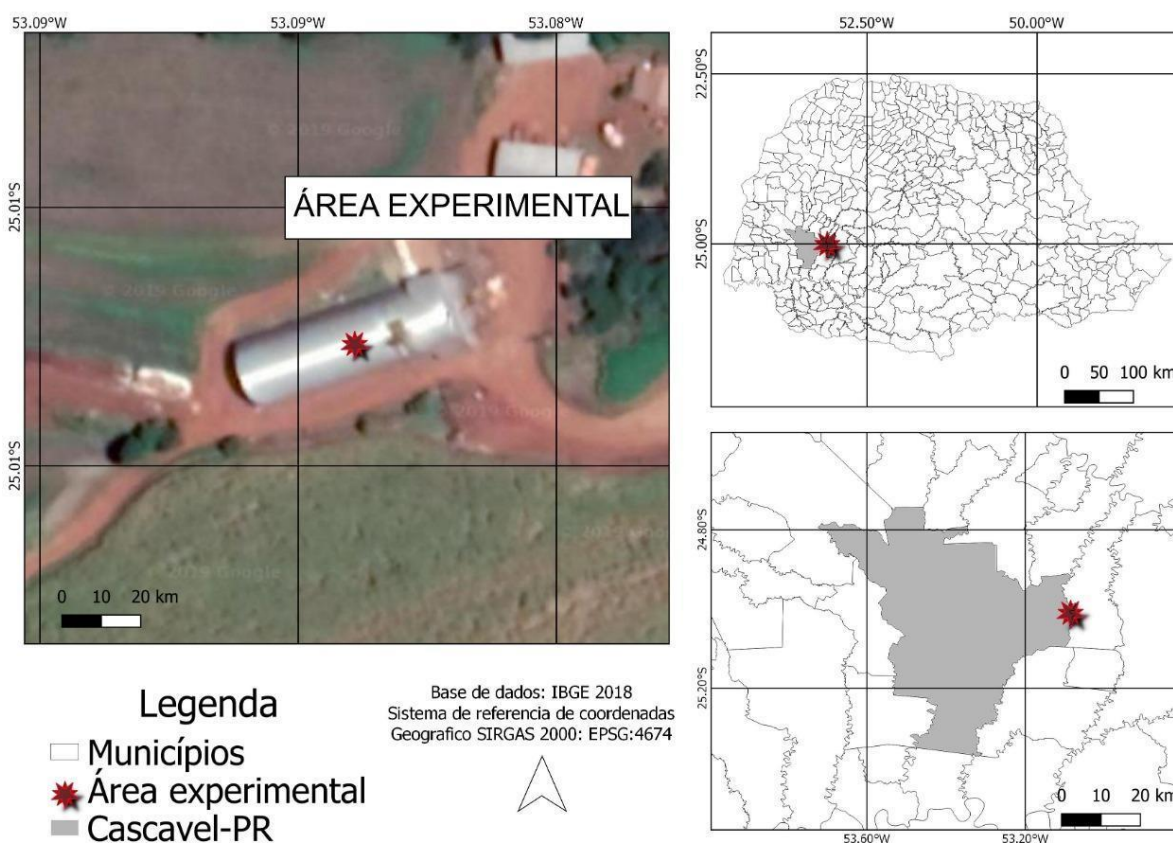
Santos e Malagoni (2014) descrevem que correias transportadoras ou fitas transportadoras são equipamentos projetados para movimentar produtos no sentido horizontal. Contudo, operam com inclinação de 12° e 15° (VANAMANE et al., 2011; YOU & QING, 2008). Segundo Souza e Silva et al. (2006), tais equipamentos são compostos por uma correia esticada entre os tambores motriz e de retorno, apoiadas sobre roletes. Junto ao tambor motriz monta-se um motor elétrico, acoplado por meio de correias ao sistema mecânico, com o objetivo de esticar a correia.

As correias transportadoras oferecem diferentes configurações: são denominadas simples, quando conduzem o produto em um único sentido; reversíveis, quando transportam material em dois sentidos; duplas que conduzem o produto em dois sentidos ao mesmo tempo e por fim blindada, quando há uma caixa metálica envolta da correia (TEIXEIRA et al, 2005; DA SILVA, 2005).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização do experimento

A tomada de dados foi realizada na Colônia Centenário, em uma unidade armazenadora pertencente à propriedade rural, denominada Lote nº 10-A, gleba 01, na zona rural do Município de Cascavel- PR, como mostra a Figura 3. A latitude é 25°00'40, Sul, Longitude 53°05'07 Oeste e a altitude de aproximadamente 650 metros. A classificação do clima na região, segundo a Köppen e Geiger, é Cfa, clima subtropical com verões quentes.



**Figura 3.** Localização do experimento.

### 3.2. Desenvolvimento do experimento

Para a realização do experimento foi construída uma correia transportadora no laboratório de Engenharia de Processamento de Produtos Agrícolas, localizado na Sala 6 do Bloco H da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

A correia transportadora tem como características construtivas, comprimento de 5,50m e largura de 16", sendo que os cavaletes de carga apresentam o formato em "V" e os cavaletes de retorno são planos, conforme apresentado na Figura 4. As polias motora e movida têm diâmetro de 180 mm e largura de 450 mm, respectivamente. A polia motora apresenta superfície totalmente emborrachada que permite maior atrito. E, portanto, proporciona maior transmissão de potência entre a polia motora e a correia transportadora.



**Figura 4.** Características da correia construída.

Foi montado sobre a correia transportadora, na extremidade da polia movida, um sistema de controle de carregamento da correia. Esse sistema consistiu em uma pequena calha com registro tipo guilhotina, cujo objetivo foi controlar o fluxo de carregamento de grãos na correia transportadora. A Figura 5 apresenta os detalhes da correia transportadora que foi construída.



**Figura 5.** Correia transportadora construída.

A transmissão de potência mecânica do motor elétrico para a polia motora se deu por duplas correias de perfil em “V”, sendo o perfil da correia e do canal da polia do tipo “B”. O motor elétrico utilizado é da Marga WEG, tipo carcaça 90L 1088, frequência de 60Hz, rotação nominal de 1710 rpm, tensão nominal de 220/380. A relação da corrente de partida com a corrente nominal é de 6,8 A, a categoria do conjugado é “N”, o regime de serviço é 54 W e o fator de serviço 1,15. O motor de indução trifásico, tensão elétrica de 220 volts, com potência mecânica de 3 cv, conforme apresentado na Figura 6. Acoplado ao ponto de fornecimento de energia elétrica ao motor elétrico foi instalado um inversor de frequência com objetivo de alterar a rotação do motor elétrico e, por conseguinte, a velocidade da correia transportadora. A velocidade máxima da correia transportadora foi da ordem de 2,5 m/s, para a condição nominal de operação do equipamento, ou seja, o motor elétrico operando com frequência nominal da rede elétrica de 60 Hz.





**Figura 6.** Motor (A), forma que o motor foi acoplado na estrutura da correia transportadora (B).

### 3.3. Inversor de frequência

O inversor de frequência responsável por acionamento de velocidade variável destinado ao controle e variação de velocidade de motores elétricos de indução trifásica, foi utilizado da marca WEG, modelo CFW08 (Figura 7). Possui controle vetorial, tem como característica corrente de saída de 1,0 a 33 A, tensão de alimentação trifásica ou monofásica. O equipamento foi instalado no sentido da corrente, logo após a fonte de energia responsável pelo acionamento do motor.



**Figura 7.** Inversor de frequência, WEG.

Com o equipamento, foi possível parametrizar os fatores já estabelecidos de frequência do motor (Hz), e a partir daí, coletado os dados referentes à corrente elétrica (A) e à tensão elétrica (V). Neste modelo de inversor, conforme consta no manual do fabricante, o parâmetro de entrada para a fixação da frequência é denominado de P005, sendo que para a leitura da corrente elétrica P003 e tensão elétrica P007.

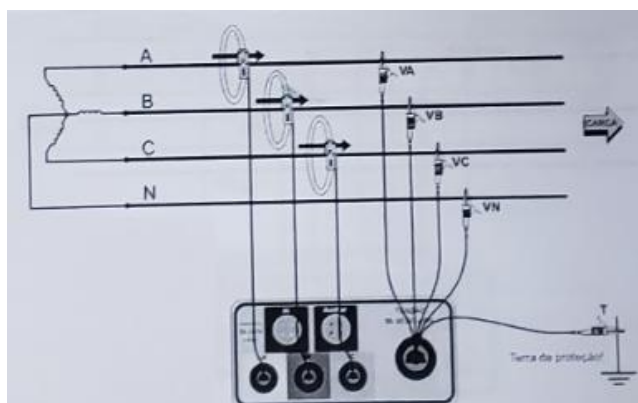
### **3.4. Corrente e tensão elétrica**

Para obtenção dos dados das variações de corrente elétrica (A) e potência elétrica (W) de operação do motor elétrico, foi utilizado o analisador de energia da marca EMBRASUL, modelo RE7080, conforme apresentado na Figura 8. Este equipamento foi responsável por fornecer os dados de amostras de forma simultânea e contínua para todas as grandezas e eventos pré-determinados. O equipamento foi instalado entre o inversor de frequência e o motor elétrico para permitir as leituras de corrente elétrica e as tensões da rede.



**Figura 8.** Analisador de energia EMBRASUL - RE7080.

A instalação do analisador de energia foi realizada como apresentado no manual de instalação e operação do equipamento, conforme transmitido através da Figura 9.



**Figura 9.** Ligação das cargas no sistema trifásico.  
Fonte: Manual de Instalação e Operação do Analisador de energia EMBRASUL-7080.

O equipamento permitiu obter a corrente elétrica total consumida pelo sistema, composto pelo inversor de frequência e o motor elétrico. As correntes elétricas e tensões foram medidas a cada ensaio experimental, possibilitando ao

final do experimento verificar as variações de frequências de operação do motor elétrico, combinados as cargas aplicadas à correia transportadora.

### 3.5. Procedimentos experimentais

Para os ensaios experimentais foram alteradas a frequência da rede de alimentação do motor elétrico, com o intuito de alterar a velocidade da correia e a carga de transporte de milho na correia transportadora. As frequências foram alteradas com o uso do inversor de frequência e foram utilizadas as seguintes frequências para operação do motor elétrico: 30, 40, 50 e 60 Hz. As cargas de transporte de milho na correia transportadora foram obtidas com as regulagens do registro contido na caixa de carga. Foram utilizados os percentuais de aberturas do registro 10, 20, 30, 40 de abertura. Dessa forma, foram realizados 16 testes de operação da correia transportadora, sendo que para cada frequência de operação do motor elétrico, foi variado o volume de carregamento de milho na correia transportadora, conforme apresentado na Tabela 1. A combinação de frequência 60 Hz de operação do motor elétrico e a abertura de 40% no registro de carga foi considerada a capacidade nominal máxima de transporte da correia transportadora.

**Tabela 1.** Combinação de ensaios realizados.

Abertura do registro (%)	Frequência (Hz)
10	30
	40
	50
	60
20	30
	40
	50
	60
30	30
	40
	50
	60
40	30
	40
	50
	60

Para a obtenção dos dados das variações de potência e corrente elétrica, considerando a velocidade da correia (m/s) e do carregamento de grãos (t/h) foram realizados alguns procedimentos experimentais que seguem.

### 3.5.1. Quantidade de produto transportado (t/h)

Foram utilizados 720 kg de milho em um *big bag*, sendo que essa quantidade foi previamente pesada em uma balança do tipo rodoviária com capacidade de 50 t, antes do ensaio experimental. Com o auxílio de um trator com guindaste, o *big bag* foi suspenso acima da caixa de carga, cujo objetivo foi controlar o fluxo de grãos na correia transportadora, através do registro. Durante os ensaios foram monitorados o tempo para o transporte da totalidade do milho contido no interior do *big bag*. Com o trator, os *bags* eram movimentados da extremidade de carregamento no final da correia à extremidade da calha, onde o produto era novamente descarregado. O fluxo de grãos na correia transportadora foi calculada pela Equação 1:

$$Fluxo = \left[ \frac{Qp}{t} \right] \quad (1)$$

Onde:

Fluxo: Fluxo de grãos na correia transportadora para cada abertura do registro (t/h);

Qp: quantidade de produto no big bag (t);

t: tempo de transporte da quantidade de produto contida no big bag para cada abertura do registro (h).

### 3.5.2. Velocidade da correia (m/s)

Para determinar a velocidade da correia para cada frequência de operação do motor elétrico, primeiramente foi determinado o perímetro da polia através da Equação 2.

$$\text{Perímetro} = 2 \times \pi \times R \quad (2)$$

Onde:

Perímetro = medida do contorno da polia (m);

R = raio da polia (m).

Com os valores obtidos do perímetro, e com as velocidades de rotação do motor em posse, que foram verificadas com auxílio de um tacômetro digital, foi possível determinar a velocidade de deslocamento da correia transportadora com diferentes cargas aplicadas. A velocidade da correia foi determinada pela Equação 3.

$$\text{Vel} = \text{Perímetro} \times \text{RT} \quad (3)$$

Onde:

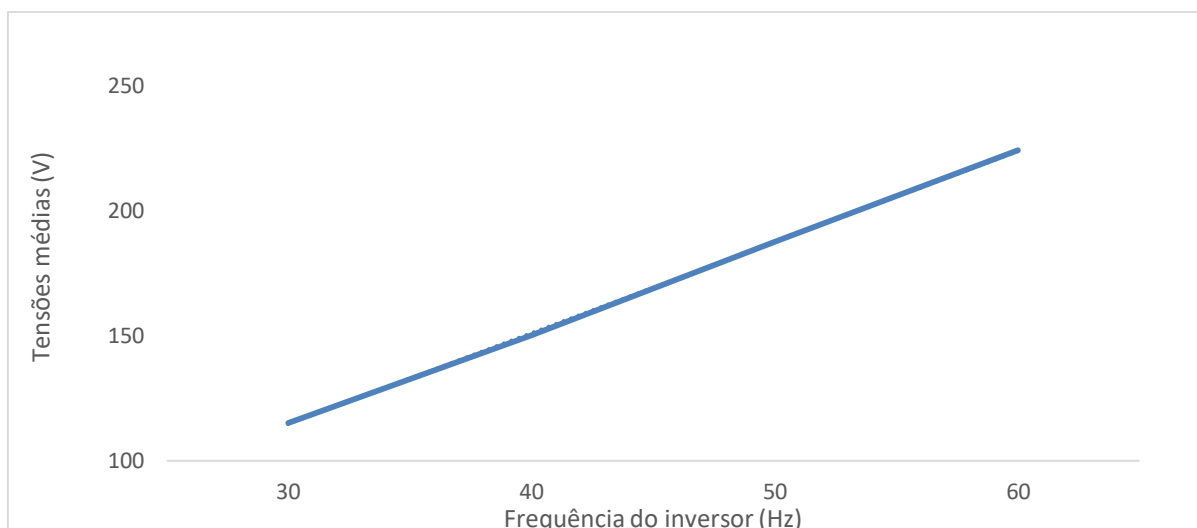
Vel = velocidade da correia transportadora (m/s);

Perímetro: medida do contorno da polia (m);

RT= rotação do motor para cada abertura do registro (rpm).

### 3.5.3. Grandezas elétricas

A tensão elétrica é basicamente a quantidade de energia exercida na corrente elétrica, para que os elétrons se movimente. Isso acontece quando há uma DDP - Diferença De Potencial elétrico. Na Figura 10 está apresentado o comportamento das tensões médias por abertura, obtidas diretamente através do inversor de frequência, em função das frequências empregadas.

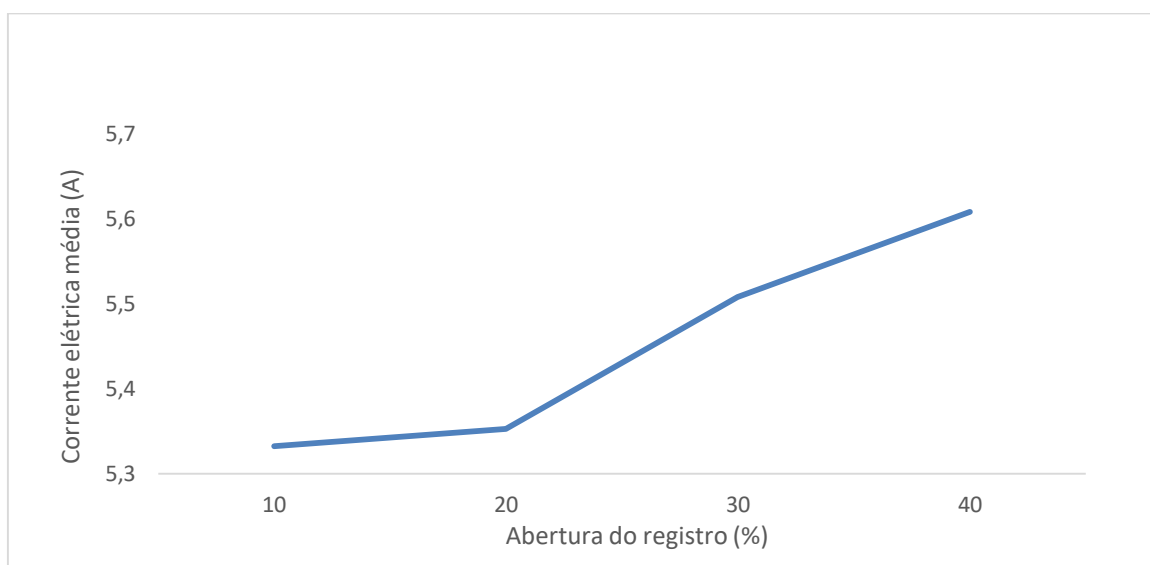


**Figura 10.** Comportamento das variáveis de tensão (v) e frequência obtidas por meio do inversor de frequência.

O inversor transforma a tensão da rede, de amplitude e frequência constantes, em uma tensão de amplitude e frequência variáveis. Modificando-se a frequência da tensão de alimentação, modifica-se também a velocidade do campo rotativa e conseqüentemente a velocidade mecânica de rotação da máquina.

Previsivelmente, à medida que a frequência do motor se eleva por meio do inversor, também ocorre o aumento da tensão elétrica exercida para realizar o trabalho, e neste caso entende-se por movimentar a correia na velocidade.

Em relação à corrente elétrica, observa-se na Figura 11, um comportamento semelhante ao visto nas tensões médias, quando comparada com a abertura do registro.



**Figura 11.** Comportamento da corrente média das aberturas (A) de acordo com a abertura do registro (%).

Na medida em que se aumenta a abertura do registro, ou seja, quanto maior a quantidade de grãos depositado sobre a correia, maior é a corrente elétrica demandada para movimentar o produto.

Anastácio et al. (2020) afirmam que, em razão da velocidade do motor variar devido a frequência, o seu torque permanece o mesmo sem alterar o conjugado. Com isso, o motor parte com menor frequência, obtendo uma menor corrente de partida.

### 3.5.4. Velocidades de deslocamento da correia e fluxo de grãos

Na Tabela 2 pode-se observar as velocidades obtidas da Equação 2, de acordo com as frequências pré-estabelecidas no inversor de frequência.

**Tabela 2.** Velocidades obtidas para cada combinação amostrada.

<b>Velocidade de correia (m/s)</b>				
<b>f (Hz)</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>
<b>V (m/s)</b>	1,26	1,69	2,11	2,54

Nota-se que a maior velocidade se deu na frequência 60 Hz, que apresentou velocidade de 2,54 m/s. De igual modo, a menor velocidade obtida se deu na frequência de 30 Hz.

A quantidade de grãos, transportado pela correia transportadora, de acordo com cada combinação de velocidade e abertura do registro, está exposta na Tabela 3. Tais valores de fluxo de grãos foram obtidos utilizando-se a Equação 1.

**Tabela 3.** Fluxo de grãos (t/h) na correia transportadora.

<b>Fluxo de grãos (t/h)</b>				
<b>Abertura (%)</b> <b>V (m/s)</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
<b>1,26</b>	3,93	19,64	42,91	72,00
<b>1,69</b>	4,33	19,64	43,93	70,05
<b>2,11</b>	4,05	18,92	43,20	66,46
<b>2,54</b>	1,85	18,51	43,13	70,05



Evidentemente, com a combinação de menores velocidades e menores aberturas do registro, acarretam consumos maiores de tempo para transportar a mesma quantidade do produto.

### **3.5.5. Análise estatística**

A organização e o processamento dos dados foram realizados por meio do *software Action*. A distribuição dos dados não pode ser considerada normal a 5% de significância pelo teste de Shapiro-Wilk ( $p\text{-valor} > 0,05$ ). Os dados foram considerados homocedásticos pelo teste de Bartlett ( $p\text{-valor} = 1$ ).

Considerando essas inferências estatísticas, optou-se pelo teste de Kruskal-Wallis, em virtude desse possibilitar a utilização de ranques de teste, opção não paramétrica que além de verificar se ocorreram diferenças significativas entre as médias, compara-se entre quais leituras esta diferença foi significativa. Desta forma, gerou-se comparação de médias pelo teste F ou Teste de Fischer.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise dos dados

#### 4.1.1. Consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica pela correia transportadora foi avaliado em função da carga aplicada. Neste trabalho esse consumo é representado pelo volume de grãos transportados, em função do tempo necessário para transportar a mesma quantidade de produto que foi controlada através do registro contido na calha. Os valores obtidos do consumo de energia estão apresentados na Tabela 4.

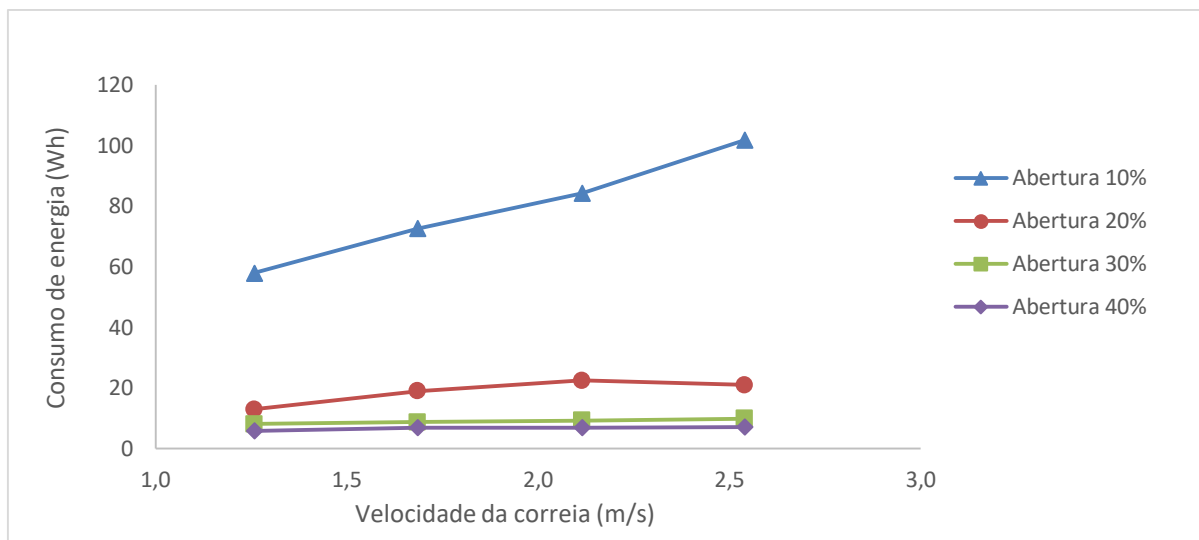
**Tabela 4.** Energia consumida pela correia transportadora.

<b>Consumo de energia (Wh)</b>				
<b>Abertura (%)</b> <b>V (m/s)</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
<b>1,26</b>	57,93	12,94	8,04	5,88
<b>1,69</b>	72,59	18,96	8,69	6,88
<b>2,11</b>	84,27	22,45	9,20	6,92
<b>2,54</b>	101,76	20,96	9,90	7,18

Os menores consumos de energia elétrica da correia foram obtidos nas aberturas do registro de 30 e 40%. Considerando a capacidade nominal, por exemplo, (abertura do registro em 40% e frequência da rede em 60 Hz), o tempo necessário para transportar os grãos de milho permaneceu em torno de trinta segundos. Efetivamente, esse tempo foi semelhante para todas as combinações cuja abertura estava em 40%.

Adversamente, quando empregada a abertura do registro em 10% (independente da frequência da rede), o tempo necessário para transportar 720 kg de produto esteve próximo a dez minutos. No entanto, observa-se que o fator tempo foi determinante para tais resultados.

Na Figura 12 é possível observar com maior clareza que a abertura de 10% foi a que mais consumiu energia.

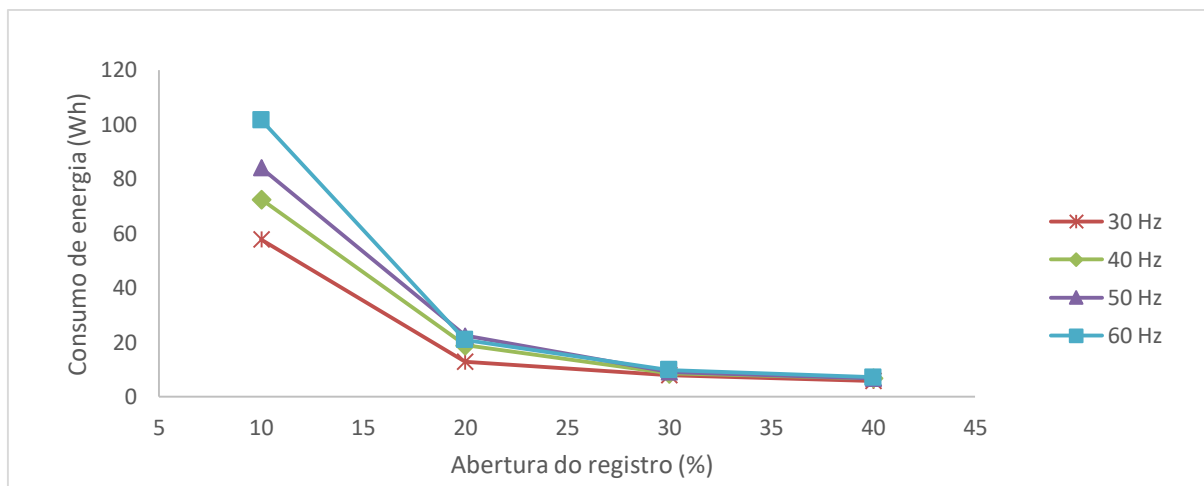


**Figura 12.** Consumo de energia (Wh) em função da velocidade da correia transportadora (m/s).

Na combinação de abertura de 10% e a frequência de 30Hz, ou seja, velocidade de 2,54 m/s, obteve-se o maior consumo de energia. O mesmo comportamento foi observado nas outras três velocidades amostradas, utilizando-se a mesma abertura (10%) do registro. Já com o registro aberto em 30% e 40%, independente da velocidade adotada, foram observados menores valores no tocante ao consumo de energia do motor.

Dias et al. (2010), Godinho et al. (2017) e Oliveira et al. (2019), afirmam que quanto maior a corrente elétrica demandada, maior a potência elétrica consumida pelo sistema. Obtendo-se o resultado da corrente, multiplica-se pelo valor da tensão adquirido por meio do analisador de energia, resultando na medida de potência elétrica. Quanto maior a potência elétrica consumida, maior o consumo de energia do sistema.

O comportamento do consumo de energia com as frequências é apresentado na Figura 13.

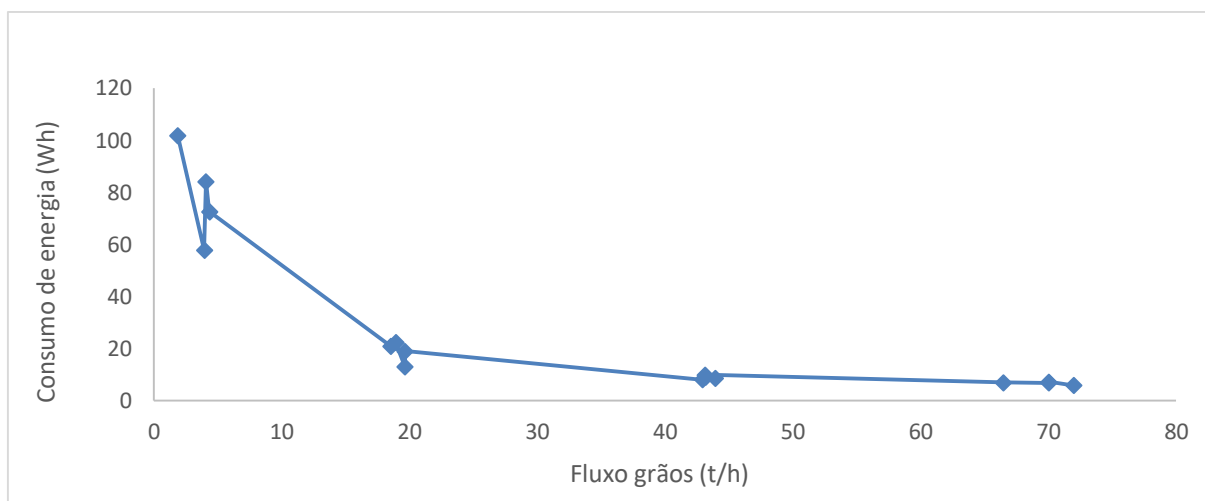


**Figura 13.** Consumo de energia elétrica (Wh) em função da abertura do registro (%).

À medida que se tomava maiores aberturas e, conseqüentemente, maiores cargas de grãos aplicadas na correia, o consumo de energia elétrica diminuía. Verificou-se que os menores percentuais de aberturas do registro estabelecidas com as menores velocidades consumiram mais energia. Ressalta-se que o tempo necessário para conduzir a mesma quantidade de produto, quando utilizou-se, por exemplo, uma abertura de 40%, foi muito menor. O fator tempo foi determinante, para que o consumo de energia nas menores aberturas do registro, combinadas com as menores cargas, apresentou consumo maior de energia pelo sistema.

Rodrigues (2019) observou que durante o funcionamento destes transportadores, é possível aparecer problemas, tanto em nível de desperdício de produto como de consumo excessivo de energia. Então é preciso incluir um requisito funcional que se foque na deposição de material no transportador.

Os resultados obtidos de fluxo de grãos da correia transportadoras e consumo de energia elétrica foram ordenados de forma crescente, a fim de observar a disposição dos dados, como demonstrado na Figura 14.



**Figura 14.** Tendência dos dados ordenados.

Observa-se que a partir do fluxo de 40 t/h, o consumo de energia aproxima-se de 20 W/h, sugerindo possível constância no consumo da mesma.

Na Tabela 5 é apresentado o resultado do teste F para o consumo de energia em relação à frequência.

**Tabela 5.** Consumo de energia em relação à frequência.

<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Valor Tabelado de qui-quadrado	7,815
Kruskal-wallis qui-quadrado	0,81618
Graus de liberdade	3
p-valor	0,8456

Segundo o teste de Kruskal-Wallis, os dados não apresentaram significância, sendo que o valor do qui-quadrado calculado é menor que o tabelado. Portanto, aceita-se a hipótese  $H_0$ .

A Análise de Variância (ANOVA) do consumo de energia em relação à frequência está apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6.** Consumo de energia em relação à frequência no motor.

<b>Níveis</b>	<b>Médias</b>
30	7,0a
40	8,0a
50	9,3a
60	9,8a

Nota-se que não houve diferença estatística em relação aos níveis de frequência estudados para consumo de energia a 5% de significância. No entanto,

Cruz (2001) afirma em sua pesquisa que, empregando o modelo Fuzzy para obter o tempo de aeração em armazéns graneleiros, com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica, ao operar com velocidade variável, se reduz o consumo de energia elétrica. A redução da velocidade é obtida pela redução da frequência através do conversor, o que acarreta em um acréscimo no tempo de trabalho mecânico.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados do teste F do consumo de energia em relação à abertura do registro.

**Tabela 7.** Consumo de energia em relação à abertura do registro.

<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Valor Tabelado de qui-quadrado	7,815
Kruskal-wallis qui-quadrado	14.118
Graus de liberdade	3
p-valor	0,002749

Pode-se observar que o valor do qui-quadrado tabelado é menor do valor calculado, portanto, rejeita-se  $H_0$ .

O Teste de Fischer exibido na Tabela 8 mostra que houve diferença estatística em relação aos níveis de frequência estudados para consumo de energia, no tocante a 5% de significância.

**Tabela 8.** Consumo de energia em relação à abertura do registro.

<b>Níveis</b>	<b>Médias</b>
10	14,5a
20	10,5b
30	6,5c
40	2,5d

Pelo teste de Kruskal-Wallis, as médias dos consumos de energia foram diferentes entre si. Assim sendo, considera-se que há associação entre o percentual de abertura do registro com o consumo de energia elétrica do motor.

Moino (2018) demonstrou em seu estudo com o intuito de determinar a potência consumida em uma unidade piloto de correia transportadora, o qual utilizava brita como carga, que quanto maior a quantidade de massa carregada por meio da correia transportadora, maior o consumo de potência do motor. Da mesma forma, Santos e Melagoni (2014), ao comparar consumo de energia para transportar

minério de ferro e rocha fosfática, concluiu que o minério de ferro necessitou de uma maior potência, em consequência do peso específico ter aproximadamente 20% maior que o outro material.

Na Tabela 9 são observados o fluxo de grãos comparados com a frequência do motor.

**Tabela 9.** Fluxo de grãos em relação à frequência no motor.

<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Valor Tabelado de qui-quadrado	7,815
Kruskal-wallis qui-quadrado	0,32633
Graus de liberdade	3
p-valor	0,955

Pode-se verificar que o p-valor apresentado é maior que 0,05 e o valor do qui-quadrado tabelado é menor do que o calculado. Portanto, aceita-se  $H_0$ , por não apresentar associação da frequência do motor no fluxo de grãos a 5% de significância.

São apresentados na Tabela 10, os valores das médias encontradas pelo teste F da associação do fluxo de grãos e a frequência do motor.

**Tabela 10.** Fluxo de grãos em relação à frequência no motor.

<b>Níveis</b>	<b>Médias</b>
30	8,6a
40	9,5a
50	8,3a
60	7,6a

Os resultados mostraram que não houve diferença significativa, ou seja, não há associação entre as frequências do motor e o fluxo de grãos.

Santos e Malagoni (2014) descreveram que a velocidade ideal de uma correia transportadora depende da característica do material a ser transportado. Material seco, peso específico baixo e fino, em uma velocidade elevada, ocasiona muita poeira. Segundo o mesmo autor, os cereais e outros materiais de escoamento fácil e não abrasivos devem ser transportados a uma velocidade de 2,5 m/s, considerando uma correia transportadora de 0,41 m de largura. Souza e Silva, Lacerda Filho e Vieira (2014), sugerem uma velocidade semelhante, na ordem de 2,28 m/s, considerando as características estruturais do equipamento.

As empresas apresentam em seus portfólios as correias transportadoras com as mais variadas características com o propósito de atender diversas demandas, como por exemplo, uma fabricante pode produzir correias com capacidades entre 40 e 300 t/h e outra, com capacidade de transportar até 400 t/h de grãos.



## 5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram que tanto a potência requerida do motor quanto a corrente elétrica solicitada para transportar os grãos, apresentaram influência direta com o controle da frequência da rede, combinada com as aberturas do registro.

As percentagens de aberturas do registro de descarga de 30 e 40% apresentaram melhores resultados de fluxo de grãos na correia transportadora assim como consumo de energia por meio do motor.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_fatoresdeconversao\\_indice.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_fatoresdeconversao_indice.pdf)>. Acesso: 07 de junho, 2019.

ANASTACIO, B. P. et al. Eficiência energética em motores elétricos de indução. **ANALECTA-Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora**, v. 5, n. 5, 2020.

ANDRADE, E. T.; OLIVEIRA FILHO, D.; VIEIRA, G. Potencial de conservação de energia no pré-processamento do café. 2000.

ANDRADE, L. E. C. **Um estudo sobre Terminais Intermodais para Granéis Sólidos**. 2003. 246 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo São Paulo, 2003.

ANDRIGHETTO, P. L.; VALDIERO, A. C.; DE SOUZA, M. Controle automático de registros de descarga com acionamento pneumático em unidades de armazenagem agrícola. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, 2008.

ARAUJO, W. D. et al. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 279-286, 2014.

ARTUZO, Felipe Dalzotto et al. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018.

BARONI, G. D.; BENEDETI, P. H.; SEIDEL, D. J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, v. 14, n. 4, p. 55-64, 2017.

Buainain, A. M.; Alves, E.; Silveira, J. M.; Navarro, Z. - O mundo rural no Brasil do século 21. A formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília, **Embrapa/Instituto de Economia da Unicamp**. 1182 p. 2014.

CASP, Catálogo de produtos. Disponível em: <<http://www.casp.com.br/armazenagem-de-graos/correias-transportadoras/>>. Acesso em: 24 de jun. de 2020.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Diárias de Mercado - CEPEA-USP, 2020. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/milho-cepea-cotacoes-voltam-a-subir-na-maioria-das-regioes-acompanhadas.aspx>> Acesso em: 1 fev. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, segundo levantamento. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quinto levantamento. 2020.

CORREA, V. H. C.; RAMOS, P. A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 2, p. 447-472, 2010.

COUTINHO, R. S; SOARES, A. K. Simulação de bombas com velocidade de rotação variável no EPANET. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 797-808, 2017.

CRUZ, L. F. da. Modelo Fuzzy para obtenção do tempo de aeração em silos verticais visando reduzir o consumo de energia elétrica. **Universidade Estadual Paulista, Botucatu –SP**, 2001.

DA SILVA NETO, W. A.; DO NASCIMENTO, P. A.; DA CUNHA, A. B. O déficit na capacidade estática de armazenagem de grãos no estado de Goiás. **Gestão & Regionalidade**, v. 32, n. 96, p. 151-169, 2016.

DA SILVA, L. C. Secagem de grãos. **Boletim Técnico: AG**, v. 4, n. 05, 2005.

DA SILVA, L. C. Unidades Armazenadoras: Planejamento e Gerenciamento Otimizado1. **Boletim Técnico: AG**, v. 1, n. 06, 2006.

DA SILVA, L. C. Unidades Armazenadoras: Planejamento e Gerenciamento Otimizado1. **Boletim Técnico: AG**, v. 1, n. 06, 2006.

DALPASQUALE, V. A.; SPERANDIO, D. Modelo de simulação de secagem de produtos agrícolas usando entalpia do ar constante. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.726-731, 2010.

DAVID, E.; ESCANO, G.; VIEIRA NETO, J. G.; CABELLEIRA, F. SANTOS. Fator de carga, custos com energia reativa excedente e custo unitário de energia elétrica em unidades armazenadoras de grãos. *Journal of Agronomic Sciences*, v. 8. n. 02, p. 14-24, 2019.

DIAS, S. V.; REIS, L. L.; CAMPOS, J. C. T. “Controle de velocidade de uma correia transportadora utilizando controlador PI”. **INDUSCON**. São Paulo, 2010.

ELY, A. Redução da qualidade de grãos de soja durante o armazenamento em diferentes condições de umidade e temperatura. **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 506-520, 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Dados econômicos. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Visualizado em: 07 de jul. de 2019.

FARONI, L. R. A.; SILVA, J. S. Manejo de pragas no ecossistema de grãos armazenados. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. 2nd ed. Viçosa: Aprenda Fácil**, p. 371-406, 2008.

FARONI, L.R., 1998. Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados. *Postcosecha* 5, 34-41.

FAVRO, J.; CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. Modelo de análise da oferta de exportação de milho brasileira: 2001 a 2012. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 3, p. 455-476, 2015.

FERNANDES, Q. S. et al. Análise da capacidade estática de armazenagem de grãos no Brasil no período de 1980 a 2015. 2016.

FILIPPI, A. C. G.; GUARNIERI, P. Novas formas de organização rural: os Condomínios de Armazéns Rurais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 270-287, 2019.

FINOTO, E. L. et al. Anticipation and harvest delay in oil and protein contents of soybean seeds, grow crops Valiosa RR. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 31, n. 3, p. 773-780, 2007.

FRIES, C. D.; CORONEL, D. A. A competitividade das exportações gaúchas de soja em grão (2001-2012). **Pesquisa e Debate**, v. 25. n. 1, p. 163-189, 2014.

GASQUES, J. G. et al. Produtividade da Agricultura Brasileira: uma Hipótese da Desaceleração. Agricultura, Transformação Produtiva e Sustentabilidade. IPEA, p143-163, 2016.

GODINHO, S. M. et al. Análise de viabilidade econômica voltado para a redução de consumo de energia elétrica em uma linha de produção de uma indústria de cerveja. **Análise**, v. 38, n. 36, 2017.

GUILHOTO, J. J. M. et al. A importância do agronegócio familiar no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 3, p. 355-382, 2006.

ITAIPU BINACIONAL (ITAIPU). Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br/>>. Acesso: 10 de julho de 2019.

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M; RIBEIRO, J. P. Viabilidade econômica de aquisição de um silo-secador para pequenas áreas de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 795-803, 2006.

KEPLER WEBER, Catálogo de produtos. Disponível em: <[http://www.stampacom.com.br/pf/kepler/armgr\\_pt/files/assets/basic-html/page77.html](http://www.stampacom.com.br/pf/kepler/armgr_pt/files/assets/basic-html/page77.html)>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the american statistical association*, v. 47, n. 260, 583-621

KUSSANO, M. R; BATALHA, M. O. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 3, p. 619 - 632, 2012.

LIMA, M.; TIBOLA, C. S.; DA SILVA, M. P. Quantificação de giberela na pré-colheita e em etapas do beneficiamento de sementes de trigo. In: **Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. 1 CD-ROM., 2015.

LOPES, R. P.; AFONSO, A. D. L.; SILVA, J. S. **Energia no Pré-Processamento de Produtos Agrícolas. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. "In:" Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas. Viçosa: Aprenda fácil, v. 2, p. 191-219, 2008.

LOPES, T.; RADTKE, L.; ARAÚJO, S. Modelagem Matemática e Numérica do Processo de Aeração de Grãos. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 6, n. 2, 2018.

MARINHO, H. M. A. et al. Análise econômica da evolução do agronegócio em Mato Grosso no período de 1990 a 2010. **Revista Faipe**, v. 6, n. 1, p. 13-24, 2017.

MARTINELLI, A. et al. Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: evidence from state of São Paulo. **Agricultural Systems**, v. 104, n. 5, p. 419-428, 2011.

MATHIAS, V. et al. Implicações da época de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Agro Ambiente on-line**, v. 11, n. 3, p. 223-231, 2017.

MATTEI, L. Considerações acerca de teses recentes sobre o mundo rural brasileiro. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 52, supl. 1, p. 105-124, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Matriz Energética Brasileira. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/91108236/1++Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira/5b74d286-29bb-4c7f-b72a-17c4786983da;jsessionid=6137E633B0E4995CB58832AABBB29DF4.srv155>>. Acesso: 07 de jun, 2019.

MIRAVETE, A.; LARRODÉ, E. **Transportadores y elevadores**. Reverte, 1996.

MOINO, C. C. **Determinação da potência consumida em unidade piloto de correia transportadora, em função da velocidade e ângulo de inclinação**. Dissertação de mestrado, Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Santos, SP, Brasil. 2018.

MONTOYA, M. A. et al. Consumo de energia, emissões de co2 e a geração de renda e emprego no agronegócio brasileiro: uma análise insumo–produto. **Economia Aplicada**, v. 20, n. 4, p. 383-413, 2016.

NASCIMENTO, M. R. et al. EMPREGO DA SECA-AERAÇÃO PARA SOJA ARMAZENADA A GRANEL. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 700, 2017.

NETO, FRANCA et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

NETO, P. J. S. et al. A multi-objective genetic algorithm based approach for location of grain silos in Paraná State of Brazil. **Computers & Industrial Engineering**, v. 111, p. 381-390, 2017.

OLIVEIRA, B. A. S; ASSIS, S; NOLLI, C. Development of a prototype electrical energy monitoring system via internet/desenvolvimento de um protótipo de sistema de monitoramento de energia elétrica via internet. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, v. 12, n. 1, p. 48-61, 2019.

OLIVEIRA, F. A.; KHATCHATOURIAN, O. A.; BIHAIN, A. U. Estado térmico de produtos armazenados em silos com sistema de aeração: estudo teórico e experimental. **Engenharia Agrícola**, 2007.

OPARAOCHA, S., DUTTA, S. Gender and energy for sustainable development. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 3, n. 4, p. 265-271. 2011.

PAVÃO, A., R.; FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza. Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 1, p. 81-108, 2011.

PRESTES, I. D. et al. Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências. **Scientia Agropecuária**, v. 10, n. 4, p. 559-570, 2019.

RIBEIRO, I. G.; MARIN, V. A. A falta de informação sobre os Organismos Geneticamente Modificados no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 359-368, 2012.

SANTOS, D. A.; MALAGONI, R. A. Projeto de correias transportadoras: um estudo computacional de comparação dos métodos CEMA e Prático. **HOLOS**, v. 3, p. 358-369, 2014.

SANTOS, D. A.; OLIVEIRA, Daniel Tostes. Avaliação dos métodos práticos e CEMA de projeto de correia transportadora. **FAZU em Revista**, n. 9, 2013.

SCHMIDT, L.; LORENCENA, M. C.; TEIXEIRA, M. Controle de Operações em Secadores de Grãos com Redução do Consumo de Recursos Naturais. **Revista de Informática Aplicada**, v. 14, n. 1, 2018.

SILVA, J. de S.; AFONSO, A. D. L.; LACERDA FILHO; VIEIRA, G. A. F de. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. **Viçosa: Aprenda Fácil**, p. 297- 323, 2008.

SILVA, J. de S.; LACERDA FILHO; VIEIRA, G. A. F de. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. **Viçosa: Aprenda Fácil**, p. 325 - 344, 2008.

SILVA, L. C.; QUEIROZ, D. M.; FLORES, R. A. Estimativa de Custos operacionais em unidades armazenadoras de grãos por meio de simulação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 31, n. 1, p. 1-7, 2006.

SILVA, L. C. Secagem de Grãos, da Semente ao Consumo. **Revista: Grãos Brasil**, Ano III, nº XIV, maio de 2004, p. 10 -14, 2005.

TEIXEIRA, C. A. et al. Management of motive power use in animal feed industry. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 330-340, 2005.

TEIXEIRA, C. A. et al. Racionalização do uso de energia elétrica em unidades armazenadoras de pré-processamento de grãos. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 15, p. 81-95, 2007.

VANAMANE, S. S., MANE, P. A., INAMDAR K. H. Introduction to belt conveyor system used for cooling of mould, National Conference on Recent Advances in Manufacturing Engineering and Technology, Hyderabad, p. 104-108, 2011.

VIEIRA, R. A.; DALCHIAVON, F. C. Custos e viabilidade da implantação de uma unidade armazenadora de grãos no Mato Grosso. **Revista IPecege**, v. 4, n. 2, p. 7-15, 2018.

WESZ JUNIOR, V. J. O Mercado da Soja no Sudeste de Mato grosso (brasil): uma Análise das Relações entre Produtores Rurais e Empresas a partir da Sociologia Econômica. **Dados**, v. 62, n. 1, 2019.