


**PROJETO DE ELETRIFICAÇÃO DE UMA PROPRIEDADE RURAL COM INSTALAÇÕES
PARA PROCESSAMENTO E FABRICAÇÃO DE DERIVADOS DE MILHO**

**ELECTRIFICATION PROJECT OF A RURAL FARM WITH FACILITIES FOR PROCESSING
AND MANUFACTURING CORN-BASED PRODUCTS**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.041-008>

Adonai Bastos Borges

Graduando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Sergipe
E-mail: adonaiborgescj@gmail.com

Iranilson dos Santos Barreto

Graduando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Sergipe
E-mail: iranilson1506@academico.ufs.br

Mário Cupertino da Silva Júnior

Doutor em Engenharia Agrícola
Professor Associado na Universidade Federal de Sergipe
E-mail: mariocupertino@academico.ufs.br

Douglas Romeu da Costa

Doutor em Engenharia Agrícola
Professor Adjunto na Universidade Federal de Sergipe
E-mail: douglascosta@academico.ufs.br

Thiago Herbert Santos Oliveira

Mestre em Recursos Hídricos
Técnico em Edificações na Universidade Federal de Sergipe
E-mail: thiagosipac@academico.ufs.br

Wendel de Melo Massaranduba

Mestre em Recursos Hídricos
Técnico em Agropecuária na Universidade Federal de Sergipe
E-mail: wendeljr@academico.ufs.br

Adson Andrade Barros

Graduado em Engenharia Agrícola
Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente na Universidade Federal de Sergipe
E-mail: adsonandrade@academico.ufs.br

Luís Gustavo Figueiredo França

Doutor em Engenharia Agrícola
Professor Adjunto na Universidade Federal de Sergipe
E-mail: luis.franca@academico.ufs.br

Nara Silveira Velloso

Doutora em Engenharia Agrícola
Professora Adjunta na Universidade Federal de Sergipe
E-mail: naravelloso@academico.ufs.br

Manoel de Santana de Campos

Graduado em Engenharia Agrícola
Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente na Universidade Federal de Sergipe
E-mail: engenheiromanoelcampos@gmail.com

RESUMO

O planejamento adequado de sistemas de eletrificação rural é fundamental para viabilizar atividades agroindustriais em propriedades agrícolas, especialmente aquelas voltadas ao beneficiamento de grãos. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo elaborar o projeto de eletrificação de uma propriedade rural destinada ao processamento e à fabricação de derivados de milho, contemplando as etapas de limpeza, secagem, armazenamento e processamento do grão. A metodologia consistiu na concepção de uma propriedade rural fictícia a partir de imagens de satélite obtidas no software Google Earth®, onde foram definidos os ambientes funcionais da unidade produtiva, incluindo sede, recepção administrativa, setor de limpeza e secagem, armazenamento em silos e agroindústria para processamento do milho. A partir da caracterização das instalações, foi realizado o levantamento das cargas elétricas previstas em cada ambiente, considerando equipamentos industriais, sistemas de iluminação, tomadas e demais dispositivos elétricos, conforme recomendações da norma ABNT NBR 5410. Posteriormente, procedeu-se ao cálculo da demanda de carga por meio de análise de simultaneidade de uso dos equipamentos, permitindo a determinação da demanda máxima da propriedade. Também foram realizados os cálculos de potência das cargas de força motriz, o dimensionamento do transformador de distribuição, a definição do centro de cargas para localização do transformador e o traçado da rede interna de distribuição elétrica. Além disso, foram dimensionados os condutores elétricos com base nos critérios de capacidade de condução de corrente e limite máximo de queda de tensão estabelecidos pelas normas técnicas da concessionária de energia. Os resultados indicaram uma demanda máxima de aproximadamente 173 kVA, ocorrendo no período entre 7h e 8h, o que levou à seleção de um transformador trifásico de 225 kVA para atendimento da propriedade. Os cálculos de dimensionamento demonstraram que os condutores especificados atendem aos critérios técnicos de segurança e desempenho elétrico. Conclui-se que o projeto desenvolvido apresenta viabilidade técnica para implantação em uma propriedade rural com agroindústria de processamento de milho, contribuindo para o planejamento energético de unidades produtivas agrícolas e para a agregação de valor à produção agrícola no meio rural.

Palavras-chave: Eletrificação rural; Planejamento energético; Agroindústria do milho; Dimensionamento elétrico; Engenharia agrícola.

ABSTRACT

Adequate planning of rural electrification systems is essential to support agroindustrial activities in agricultural properties, particularly those related to grain processing. In this context, this study aimed to develop an electrification project for a rural property designed for processing and manufacturing corn-based products, including grain cleaning, drying, storage, and industrial processing stages. The methodology consisted of designing a fictitious rural property based on satellite images obtained through Google Earth®, where functional areas of the production unit were defined, including the residential headquarters, administrative reception, cleaning and drying sector, grain storage in silos, and an agroindustrial facility for corn processing. Based on the characterization of the facilities, an electrical load survey was carried out considering industrial equipment, lighting systems, electrical outlets, and other electrical devices according to the recommendations of the Brazilian standard ABNT NBR 5410. Subsequently, the load demand was calculated through an analysis of simultaneous equipment operation, allowing the determination of the maximum demand of the property. Additionally, calculations of motor power loads were performed, along with the sizing of the distribution transformer, the definition of the load center for transformer location, and the design of the internal electrical distribution network. Electrical conductors were also sized according to current-carrying capacity and maximum voltage drop criteria established by technical standards and the local electricity utility. The results indicated a maximum electrical demand of approximately 173 kVA, occurring between 7:00 and 8:00 a.m., which led to the selection of a 225 kVA three-phase transformer to supply the property. The conductor sizing calculations demonstrated compliance with technical safety and electrical performance requirements. It can be concluded that the developed project presents technical feasibility for implementation in a rural property with a corn processing agroindustry, contributing to energy planning for agricultural production units and to the generation of added value in rural production systems.

Keywords: Rural electrification; Energy planning; Corn agroindustry; Electrical sizing; Agricultural engineering.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays L.*) constitui-se como produto de grande importância para a produção agrícola brasileira e é utilizado por cerca de dois milhões de indústrias espalhadas pelo país (Souza; Aguiar; Rezende, 2025). Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção de milho

do Brasil para a safra 2024/25 alcançou cerca de 139.695,8 mil toneladas, um aumento de 20,9 % em comparação à safra anterior (CONAB, 2025).

De acordo com Lovato *et al.* (2018), grande parte da produção de grãos no Brasil é realizada em pequenas e médias propriedade rurais, porém muitos agricultores não investem nos processos de pré-limpeza, secagem e armazenamento do milho, o que provoca perdas nutricionais e de qualidade do grão para comercialização. Esse cenário se deve ao fato dos altos custos de aquisição de máquinas e de energia elétrica.

Nessa perspectiva, elaborar um plano de eletrificação rural é parte essencial para a implementação de instalações que propiciem a realização das etapas supracitadas, visto que o grão é protagonista no cenário brasileiro em produção agrícola e garantia de renda para seus produtores.

Para que a instalação aconteça é preciso seguir as recomendações da distribuidora de energia do local onde será aplicado o projeto, assim como as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Além disso, outros pontos serão apresentados ao longo do trabalho, como os cálculos de demanda de carga, a localização do transformador, o traçado da rede e os cálculos de dimensionamento dos condutos de entrada e ligação.

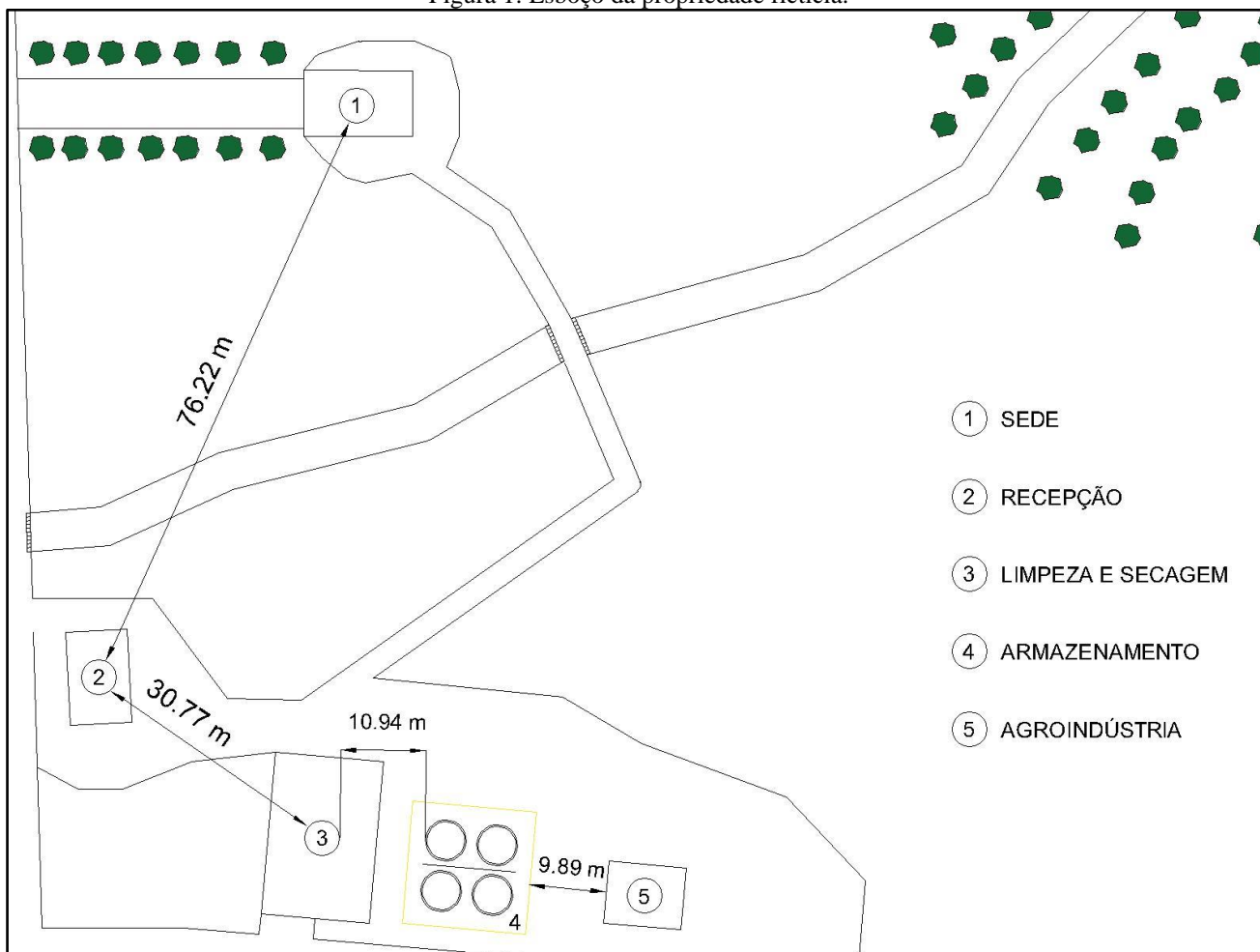
Objetivou-se com este trabalho realizar o planejamento de eletrificação de uma propriedade rural fictícia. Nesta propriedade serão instalados ambientes necessários para o processamento de milho com intuito de fabricar derivados para comercialização.

2 METODOLOGIA

2.1 DESCRIÇÃO DA PROPRIEDADE

Para elaboração do projeto de eletrificação rural foi elaborado o esboço de uma propriedade fictícia (Figura 1) a partir de uma imagem de satélite coletada através do software *Google Earth*[®]. Dessa forma, foram criados ambientes de trabalho que comumente são utilizados em uma agroindústria destinada ao processamento de milho e fabricação de derivados, descritos a seguir:

Figura 1. Esboço da propriedade fictícia.



Fonte: Autores (2026).

2.1.1 Sede

A sede da propriedade é um ambiente doméstico para acomodar o proprietário do local e/ou o gerente da agroindústria. Foram determinadas as dimensões de quatorze metros de comprimento por oito metros e meio de largura. A casa conta com seis cômodos e uma área de serviço. Para previsão das demandas de carga de iluminação e tomadas da instalação utilizou-se as recomendações da NBR 5410 - Instalações elétricas para baixa tensão. As demais cargas foram arbitradas com base na rotina de descanso, alimentação, higiene e demais atividades cotidianas. A Tabela 1 apresenta as cargas determinadas para a sede.

Tabela 1. Cargas instaladas na sede da propriedade.

Ambiente	Equipamentos	Quantidade	Potência (W)
Sede	Iluminação	-	1680
	Tomadas	-	6200
	Chuveiro	2	9200
	Ar condicionado	2	7030

Fonte: Autores (2026).

2.1.2 Limpeza e secagem

A limpeza do milho é essencial para garantia da qualidade da secagem artificial do grão devido à retirada de impurezas e materiais estranhos que possam acompanhar o volume de matéria-prima que será utilizado no processamento (Dalpasquale, 2002 apud Germani, 2021). Foram determinadas as dimensões de vinte e um metros de comprimento por quatorze metros de largura para o galpão de limpeza e secagem. Além disso, o espaço conta com uma peneira para limpeza dos grãos, um secador, um elevador de canecas e um transportador helicoidal. Os dois últimos equipamentos foram utilizados para movimentar o milho da unidade de limpeza e secagem para o armazenamento nos silos. Na Tabela 2 são apresentados as potências e os modelos dos equipamentos previstos para tal atividade.

Tabela 2. Potência dos equipamentos de limpeza, secagem e movimentação dos grãos.

Ambiente	Equipamentos	Quantidade	Potência (cv)
Limpeza e secagem	Peneira	1	5 cv
	Secador	1	15 cv
	Elevador	1	25 cv
	Transportador	1	3 cv

Fonte: Autores (2026).

2.1.3 Armazenamento

O silo secador é uma unidade que serve tanto para secagem quanto para o armazenamento do grão. Para a unidade foram selecionadas as dimensões calculadas por Lovato *et al.* (2018) para um silo secador com capacidade de armazenar e secar 30 toneladas de milho. Silva *et al.* (2008) recomenda para essas dimensões o uso de um equipamento de ventilação forçada com potência mínima de 1,5 cv. Como a propriedade com quatros silos, foram selecionados quatro aeradores com motor trifásico de 3,0 cv da marca WEG para o projeto. Além disso, para o transporte dos grãos, a unidade de armazenamento precisa de cinco mecanismos de transportes, os transportadores de correia. Na Tabela 3 são apresentadas as características dos equipamentos.

Tabela 3. Características do ventilador para secagem artificial.

Ambiente	Equipamentos	Quantidade	Potência (cv)
Armazenamento	Aerador	4	12 cv
	Transportador	5	37,5

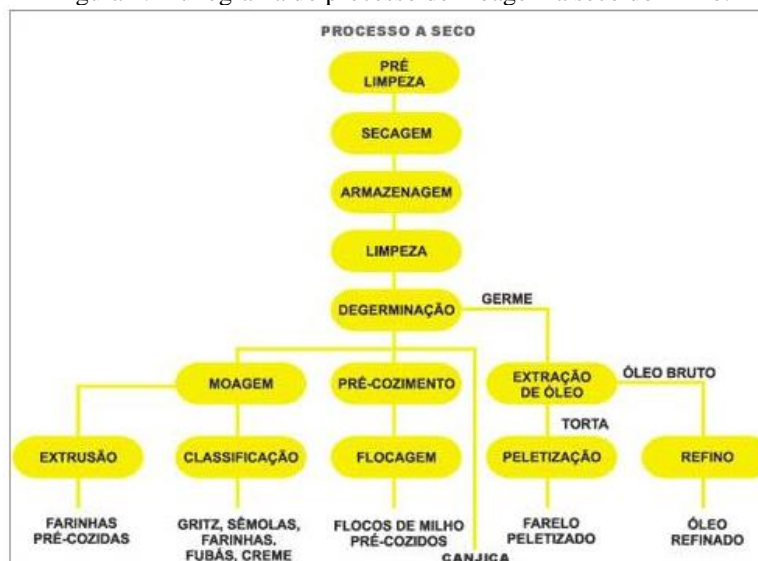
Fonte: Autores (2026).

2.1.4 Agroindústria

A agroindústria funcionará com a moagem dos grãos secos do milho, como apontado nos textos acima. Nesse tipo de processamento, o grão de milho precisará ser degerminado, isto é, separado em gérmen, pericarpo e endosperma em máquinas denominadas degerminadoras ou canjiqueiras (Cardoso *et*

al., 2011). Assim que chega do setor de armazenamento, o volume de grãos é limpo novamente e degerminado. Em seguida, essa mistura é levada ao moinho de martelos, equipamento que realiza a moagem em lâminas da matéria determinada. Por fim, o material passa por uma peneira rotativa para separar os flocos da farinha de milho por meio da granulometria selecionada pela espessura das peneiras e embalados em máquina automática (Silva *et al.*, 2018; Cardoso *et al.*, 2011). Na Figura 2 é mostrado o esquema de processamento do milho em via seca.

Figura 2. Fluxograma do processo de moagem a seco do milho.



Fonte: ABIMILHO (2010) apud GERMANI (2021).

O galpão da agroindústria tem dimensões de 10 m de comprimento por 8 m de largura. Foi prevista uma carga de 2400 W de iluminação de acordo com a NBR 5410. A Tabela 4 contém os equipamentos que serão utilizados para o processamento a seco do milho.

Tabela 4. Potência dos equipamentos instalados na agroindústria.

Ambiente	Equipamentos	Quantidade	Potência (cv)
Agroindústria	Mesa densimétrica	1	6,5 cv
	Degerminador	1	75 cv
	Moinho de martelos	1	20 cv
	Peneira vibratória circular	1	5,5 cv
	Empacotador	1	2,5 cv

Fonte: Autores (2026).

2.1.5 Recepção

Essa unidade foi pensada como um ponto para recebimento da matéria-prima, além de ambiente de recepção para fornecedores e clientes, tanto no atacado quanto no varejo. Em resumo, é um ambiente administrativo para a unidade de armazenamento da matéria-prima e da agroindústria.

As dimensões da instalação são de 12 m de comprimento por 8 m de largura. A previsão das cargas de iluminação e tomadas seguirão os critérios da NBR 5410, já citados na seção “2.1 Sede”, e os demais equipamentos foram escolhidos com base no que se espera para garantir o conforto daqueles que frequentaram a recepção no horário de serviço. Na Tabela 5 são listadas as cargas para o armazém da propriedade.

Tabela 5. Listagem de cargas do armazém da propriedade.

Ambiente	Equipamentos	Quantidade	Potência (W)
Armazém	Iluminação	-	2180
	Tomadas	-	4800
	Ar condicionado	3	10545

Fonte: Autores (2026).

2.2 CÁLCULO DA DEMANDA DE CARGA

O cálculo de demanda de carga da propriedade rural realizou-se através de uma listagem de cargas que farão parte do seu sistema elétrico durante seu uso em conjunto. Todas as cargas foram colocadas em uma planilha para análise de utilização combinada de acordo com o horário de maior demanda. A Demanda Máxima (DM) - potência máxima consumida em um determinado período - é importante tanto para definir a carga necessária disponibilizada no transformador, que alimentará toda a propriedade, quanto para o dimensionamento das bitolas dos alimentadores, as proteções e demais dispositivos que integram os ramais de distribuição elétrica. As instalações rurais necessitam de uma análise individualizada de cada ambiente que fará parte do sistema elétrico, devido às suas peculiaridades de utilização dos equipamentos, comparadas com as instalações urbanas.

Considerou-se o fator de potência das cargas residenciais como unitário, isto é, $1kW = 1 kVA$. Além disso, foi estabelecido o horário entre às 6h e às 20h como período de maior demanda de energia, por se tratar de uma agroindústria de funcionamento em horário comercial (7h às 17h).

Para o cálculo da demanda de carga elétricas de força motriz da propriedade, foram utilizadas as seguintes equações e informações:

$$1 cv = 736W = 0,736W \quad (1)$$

$$PM = \text{fornecida pelo fabricante} \quad (2)$$

$$PU = PM \times 0,736kW \quad (3)$$

$$\eta = \text{fornecido pelo fabricante} \quad (4)$$

$$PA = PU / \eta \quad (5)$$

$$\varphi = \text{fornecido pelo fabricante} \quad (6)$$

$$VA = PA / \varphi \quad (7)$$

$$PT = VA / 1000 \quad (8)$$

onde:

- c_v = cavalo-potência, em Watts;
- PM = potência mecânica, em c_v ;
- PU = potência útil, em kiloWatts;
- η = rendimento do motor, em decimal;
- PA = potência aparente, em kiloWatts;
- φ = fator de potência, em decimal;

Devido à falta de informações sobre os motores utilizados nas máquinas exemplificadas, foram tomados como referência os dados de fator de potência e rendimento de motores da fabricante WEG, para as respectivas potências das máquinas. As equações e os cálculos foram efetuados e organizados em planilha do software *Excel*[®].

2.3 LOCALIZAÇÃO DO TRANSFORMADOR

Para dimensionar a localização do transformador, criou-se um sistema cartesiano de coordenadas, cujos eixos tangenciam os pontos de referência e as divisas da propriedade. Assim, as coordenadas do centro de cargas (X_c e Y_c) podem ser obtidas pelas relações:

$$X_c = (\text{Soma dos produtos da distância pela potência no eixo X}) / (\text{Soma das potências})$$

$$Y_c = (\text{Soma dos produtos da distância pela potência no eixo Y}) / (\text{Soma das potências})$$

2.4 TRAÇADO DA REDE

Após definido a DM da propriedade e carga do transformador, foi definido seu local de instalação. O sistema a ser utilizado na média tensão será trifásico. O planejamento da rede de distribuição interna de energia elétrica da propriedade rural iniciou-se com a elaboração do mapa da propriedade e suas respectivas unidades de consumo local. No mapa do traçado da rede estão inseridos todos os possíveis obstáculos que podem interferir na passagem da rede elétrica e respeitando as normas da ABNT e da Energisa. O traçado de distribuição interna é misto (parte radial e parte linear), conforme observado na Figura 5. Cada prédio da propriedade possui um Quadro de Distribuição de Circuito (QDC), identificados com as letras de “a” até “e”. O QDC tem a função de receber os condutores que partem do padrão de entrada e reunir os dispositivos de proteção e de comando dos diversos circuitos daquele prédio.

2.5 SELEÇÃO, ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES ELÉTRICOS DA REDE INTERNA DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA

Em geral, a rede aérea da propriedade rural é montada com cabos de alumínio sem isolamento. Já nos ramais de ligação, é aconselhável o uso de cabos de alumínio ou cobre, com revestimento de isolamento. Para o dimensionamento dos condutores são utilizados dois critérios: o da capacidade de condução de corrente e o da máxima queda de tensão. O critério que levar à maior dimensão da bitola do condutor, recomenda-se que este seja adotado.

2.5.1 Critério da capacidade de condução de corrente

Definidas as potências demandadas pelas instalações consumidoras da propriedade rural e as demandas acumuladas nos diversos trechos, calcula-se a corrente absorvida em cada unidade. Para circuitos alimentados por transformador trifásico, sabendo-se que as cargas são alimentadas por três fases e um neutro (220V/127V) o cálculo é feito da seguinte forma (Equação 9):

$$I = P/(\sqrt{3} \times 220) = P/380 \quad (9)$$

onde:

I = corrente em ampère (A);

P = potência em volt-ampère (VA).

Assim, pode-se calcular o dimensionamento dos ramais de ligação e dos circuitos alimentadores (rede aérea).

2.5.2 Cálculo pelo critério da queda de tensão

Segundo a NDU 006, o limite de queda de tensão deve ser de 3% na rede de Baixa Tensão; 1% no ramal de ligação; 4% caso o ramal derive diretamente do secundário do transformador. O cálculo elétrico utilizado para projetos de redes secundárias é o dos coeficientes de queda de tensão em %/kVA x 100 m, com a carga considerada equilibrada em todos os casos. Devido à falta de dados nas tabelas fornecidas pela concessionária para o cálculo da Queda de Tensão para os condutores de cobre selecionados pelo critério da capacidade máxima admissível de corrente, optou-se por fazer o cálculo da queda de tensão para os condutores de cobre e de alumínio AWG, com as transformações para os valores aproximados em mm².

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a recomendação de cálculo para cada setor individualmente, a Tabela 6 contém o resultado da análise para a sede da propriedade rural e a Tabela 7 para a recepção.

Tabela 6. Distribuição e uso de cargas para a sede da propriedade.

Potência (W)	Horas do dia														
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Iluminação (1680)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	1180	500
Tomadas (6200)	1400	600	600	600	600	600	1400	1400	1400	600	600	600	2600	2600	1000
Chuveiro (9200)	9200	0	0	0	0	0	4600	0	0	0	0	0	9200	4600	0
Ar condicionado (7030)	7030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7030	7030	7030
Total (W)	17630	600	600	600	600	600	6000	1400	1400	600	600	600	19330	15410	8530
Total (kVA)	17,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	6,0	1,4	1,4	0,6	0,6	0,6	19,3	15,4	8,5

Fonte: Autores (2026).

Tabela 7. Distribuição e uso de cargas para a recepção da propriedade.

Potência (W)	Horas do dia															
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Iluminação (2180)	0	2180	2180	2180	2180	2180	0	0	2180	2180	2180	2180	0	0	0	
Tomadas (4800)	0	3000	2550	2550	2550	2550	0	0	3000	2550	2550	2550	0	0	0	
Ar-condicionado (10545)	0	10545	10545	10545	10545	10545	0	0	10545	10545	10545	10545	0	0	0	
Total (W)	0	15725	15275	15275	15275	15275	0	0	15725	15275	15275	15275	0	0	0	
Total (kVA)	0	15,7	15,3	15,3	15,3	15,3	0	0	15,7	15,3	15,3	15,3	0	0	0	

Fonte: Autores (2026).

Como observado nas tabelas, as DM para a sede da propriedade e para o armazém foram, respectivamente, 19,3 kVA (entre às 18h e 19h) e 15,7 kVA (entre às 7h e 8h). Já os resultados dos cálculos de potência total das cargas elétricas de força motriz da propriedade são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Características das cargas elétricas de força motriz da propriedade.

Local	Equipamento	PM ¹ (cv)	PU ² (W)	η ³	PA ⁴ (kW)	f ⁵	PA (VA)	PTotal ⁶ (kVA)
Limpeza e secagem	Transportador	3	2205	0,875	2520,00	0,8	3150,00	3,15
	Elevador	25	18375	0,936	19631,41	0,81	24236,31	24,24
	Secador	15	11025	0,924	11931,82	0,83	14375,68	14,38
	Peneira	5	3675	0,895	4106,15	0,77	5332,66	5,33
Silo Secador	Transportadores	37,5	27562,5	0,91	30288,46	0,77	39335,66	39,34
	Aeradores	12	8820	0,875	10080,00	0,81	12444,44	12,44
Agroindústria	Mesa densimétrica	6,5	4777,5	0,86	5555,23	0,8	6944,04	6,94
	Degerminador	75	55125	0,95	58026,32	0,84	69078,95	69,08
	Moinho	20	14700	0,93	15806,45	0,81	19514,14	19,51
	Peneira	5,5	4042,5	0,895	4516,76	0,79	5717,42	5,72
	Empacotadora	2,5	1837,5	0,875	2100,00	0,8	2625,00	2,63

¹ Potência mecânica.

² Potência útil.

³ Rendimento do motor.

⁴ Potência aparente.

⁵ Fator de potência do motor.

Fonte: Autores (2026).

PROJETO DE ELETRIFICAÇÃO DE UMA PROPRIEDADE RURAL COM INSTALAÇÕES PARA PROCESSAMENTO E FABRICAÇÃO DE DERIVADOS DE MILHO

De posse dos horários corretos de funcionamento dos motores da agroindústria e dos demais setores, os cálculos de demanda podem ser feitos por meio de um estudo de simultaneidade de cargas, mesmo método utilizado para a sede e para o armazém da propriedade (Tabelas 6 e 7). Com os valores obtidos anteriormente, de forma setorial, é possível construir a planilha de cálculos da demanda total, necessária para a escolha do transformador, e dos diversos outros materiais que compõem o sistema elétrico de distribuição.

Tabela 9: Demanda total da propriedade.

Pontos de Consumo	Potência (kVA)	Horas do dia														
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sede	19,3	17,6	1,4	0,7	0,7	0,7	0,7	6,2	1,2	1,2	0,7	0,7	0,7	19,4	14,9	8,5
Recepção	15,7	0	15,4	14,9	14,9	14,9	14,9	0,0	0,0	15,4	14,9	14,9	14,9	0	0	0
Limpeza e secagem																
<i>Iluminação</i>	5,12	0	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	0,00	0,00	5,12	5,12	5,12	5,12	0	0	0
<i>Tomadas</i>	1,80	0	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,00	0,00	0,50	0,50	0,30	0,30	0	0	0
<i>Transportador</i>	3,15	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,15	3,15	3,15	3,15	0	0	0
<i>Elevador</i>	24,24	0	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	0,00	0,00	24,24	0,00	0,00	0,00	0	0	0
<i>Secador</i>	14,38	0	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	14,38	0	0	0
<i>Peneira</i>	5,33	0	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	0	0	0
Agroindústria																
<i>Iluminação</i>	1,50	0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5	1,5	1,5	0	0	0
<i>Tomadas</i>	1,60	0	0,8	0,8	1	1,2	1,2	0,0	0,0	1,2	1,2	1	0,8	0	0	0
<i>Mesa densimétrica</i>	6,94	0	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94	0,0	0,0	6,94	6,94	6,94	6,94	0	0	0
<i>Degerminador</i>	69,08	0	69,08	69,08	69,08	69,08	69,08	0,0	0,0	69,08	69,08	69,08	69,08	0	0	0
<i>Moinho de martelo</i>	19,51	0	19,51	19,51	19,51	19,51	19,51	0,0	0,0	19,51	19,51	19,51	19,51	0	0	0
<i>Peneira circular</i>	5,72	0	5,72	5,72	5,72	5,72	5,72	0,0	0,0	5,72	5,72	5,72	5,72	0	0	0
<i>Empacotadora</i>	2,63	0	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	0,0	0,0	2,63	2,63	2,63	2,63	0	0	0
Armazenamento																
<i>Transportadores</i>	39,34	0	39,34	39,34	39,34	39,34	39,34	0,0	0,0	39,34	39,34	39,34	39,34	0	0	0
<i>Aeradores</i>	12,44	0	12,44	12,44	12,44	12,44	12,44	0,0	0,0	12,44	12,44	12,44	12,44	0	0	0
TOTAL	-	17,6	173,0	171,9	172,1	172,1	172,1	25,9	20,9	175,9	150,7	150,3	150,1	19,4	14,9	8,5

Fonte: Autores (2026).

Pela Tabela 9, verificou-se que a DM em kVA, calculada para a propriedade, ocorre das 7 às 8 horas, com o respectivo valor de 173 kVA. O transformador a ser instalado para suprir a demanda em alta tensão deverá ter potência definida de acordo com os valores-padrão comercializados, logo acima dos valores calculados, caso não haja coincidência. De acordo com a concessionária Energisa (Figura 3), o transformador selecionado será o de 225 kVA, com 600 A para o disjuntor termomagnético, 185 mm²

(cobre) para os condutores do ramal de entrada, 95 mm² para o condutor em cobre do aterramento. A demanda total da propriedade foi apresentada na Tabela 9.

Figura 3. Fornecimento trifásico em média tensão com medição na média tensão.

Baixa Tensão em 220/127V								
TRANSFORMADOR KVA	MEDIÇÃO		DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (Limite Máximo) (A) (CC DE 10 KA)	CONDUTOR EPR OU XLPE 0,6/1kV 90°C (MM2)	ELETRODUTO AÇO (mm)	CONDUTOR PVC 0,6/1kV 70°C (MM2)	ELETRODUTO AÇO (mm)	POSTE (daN)
	MED.	TC						
75	Trifásico Direto de 200A	-	200	3#95(50)	80	-	100	300
112,5	Trifásico	200 : 5	300	3#185(95)	100	3#300(150)150	100	300
150	Trifásico	400 : 5	400	2x{3#120(70) }	2 x 100	2x{3#95(50)50}	2 x 80	600
225	Trifásico	400 : 5	600	2x{3#185(95) }	2 x 100	2x{3#300(150) }	2 x 100	1000
300	Trifásico	600 : 5	800	2x{3#240(120) }	2 x 100	2x{3#300(150) }	2 x 100	1000

Fonte: Energisa (2014).

A Tabela 10 apresenta as coordenadas das cargas da propriedade rural em estudo, considerando tanto suas distâncias (X e Y) em metros, quanto suas distâncias (Xc e Yc) levando em consideração a demanda de potência de cada local.

Tabela 10. Coordenadas das cargas da propriedade rural.

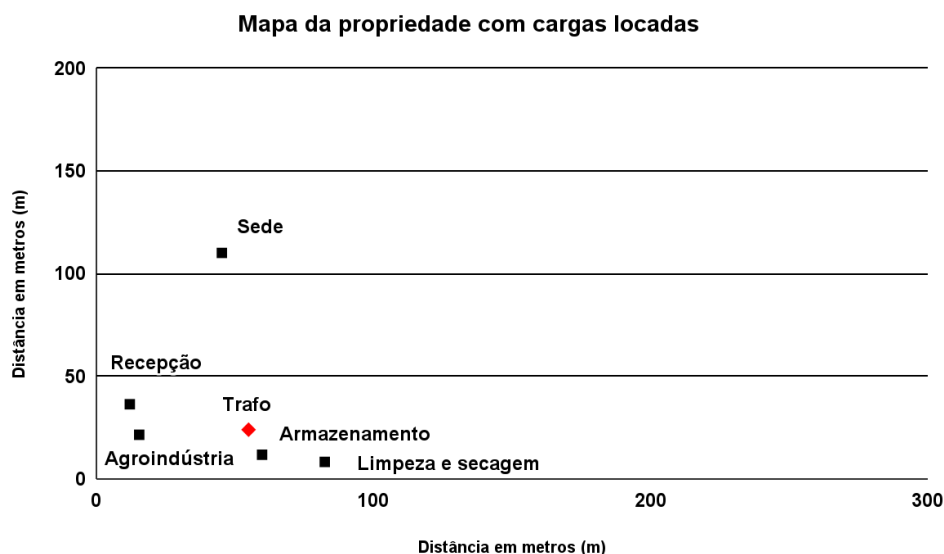
Número	Local	Potência (kVA)	X (m)	Y (m)	Xc (m)	Yc (m)
1	Sede	19,3	45,5	110,1	878,15	2124,93
2	Recepção	15,7	12,3	36,4	193,11	571,48
3	Limpeza e secagem	41	15,7	21,5	643,70	881,50
4	Armazenamento	36,383	60	11,8	2182,98	429,32
5	Agroindústria	83,637	82,6	8,3	6908,42	694,19
-	Total	196,02	-	-	10806,36	4701,42
6	Trafo	-	-	-	55,13	23,98

Fonte: Autores (2026).

Ao planificar as coordenadas de cada local, levando em consideração as suas demandas de potência (Xc e Yc), é possível observar a disposição destes no espaço da propriedade, e inclusive, ver se o transformador (trafo) foi alocado em um ponto estratégico e funcional, como ilustra a Figura 4.

PROJETO DE ELETRIFICAÇÃO DE UMA PROPRIEDADE RURAL COM INSTALAÇÕES PARA PROCESSAMENTO E FABRICAÇÃO DE DERIVADOS DE MILHO

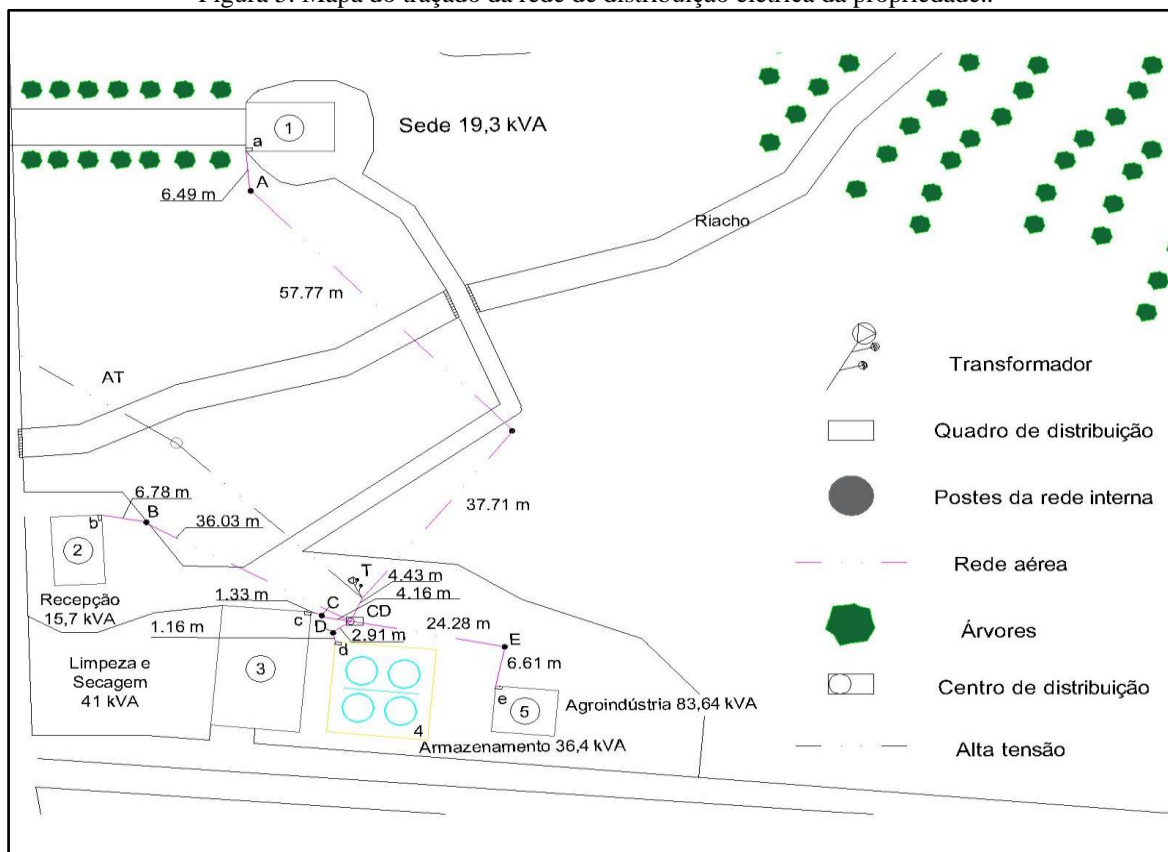
Figura 4. Mapa da propriedade com as cargas localadas.



Fonte: Autores (2025).

Após a planificação ilustrada na Figura 4, o próximo passo consistiu em posicionar o transformador e a rede de distribuição elétrica no esboço da planta da propriedade, inserindo os dados de potência de cada local, bem como o nome de cada local e as distâncias entre cada ponto.

Figura 5. Mapa do traçado da rede de distribuição elétrica da propriedade..



Fonte: Autores (2026).

Nas Tabelas 11 e 12, foram apresentados os resultados dos cálculos de acordo com a equação 8 e os respectivos condutores para cada trecho. Os condutores foram selecionados pela tabela fornecida pela Energisa (Figura 6). Todos os condutores apresentam três fases, com um cabo por fase e um cabo para o neutro, variando, em alguns casos, a bitola dos condutores de fase e de neutro, como o caso do trecho da agroindústria, que possui condutor de fase de 120mm² e de neutro de 70mm² (3x1x120(70)).

Tabela 11. Dimensionamento dos condutores de cobre dos ramais de ligação.

Trecho	Pontos de Consumo	Potência (kVA)	Potência (VA)	Corrente (A)	Condutor
A - a	Sede	19,3	19300	50,8	3x1x16(16)
B - b	Recepção	15,7	15700	41,3	3x1x10(10)
D - d	Armazenamento	36,4	36400	95,8	3x1x35(35)
C - c	Limpeza e Secagem	41	41000	107,9	3x1x70(70)
E - e	Agroindústria	83,64	83640	220,1	3x1x120(70)

Fonte: Autores (2026).

Tabela 12. Dimensionamento dos condutores de alumínio dos circuitos dos alimentadores.

Trecho	Pontos de Consumo	Potência (kVA)	Potência (VA)	Corrente (A)	Condutor
CD - A	Sede	19,3	19300	50,8	3x1x35(35)
CD - B	Recepção	15,70	15700	41,3	3x1x35(35)
CD - C	Limpeza e Secagem	41	41000	107,9	3x1x120(70)
CD - D	Armazenamento	36,4	36400	95,8	3x1x70(70)
CD - E	Agroindústria	83,64	83640	220,1	3x1x185(120)
T - CD	Trafo - CD	225,00	225000	592,1	2x{3x1x185(95)}

Fonte: Autores (2026).

Figura 6. Corrente e potência máxima admissíveis para o ramal de ligação.

	Corrente (A) Max. Admissível	Tensão (V)				
		380	230	220	127	115
		Potência (VA) Max. Admissível				
1x1x10+10	54		12.420,00	11.880,00	6.858,00	6.210,00
1x1x16+16	72		16.560,00	15.840,00	9.144,00	8.280,00
1x1x25+25	98		22.540,00	21.560,00	12.446,00	11.270,00
2x1x10+10	43	18.920,00	9.890,00	10.922,00		
2x1x16+16	57	25.080,00	13.110,00	14.478,00		
2x1x25+25	79	34.760,00	18.170,00	20.066,00		
2x1x70+70	154	67.760,00	35.420,00	39.116,00		
3x1x10+10	43	18.920,00		16.385,00		
3x1x16+16	57	37.516,22		21.719,92		
3x1x25+25	79	51.996,17		30.103,04		
3x1x35+35	97	63.843,39		36.961,96		
3x1x70+70	154	101.359,61		58.681,88		
3x1x120+70	224	147.432,16		85.355,46		
3x1x185+120	370	243.526,34		140.988,94		

Fonte: Energisa (2014).

Por fim, a tabela 13 apresenta os resultados dos cálculos pelo critério de queda de tensão a fim de verificar se os condutores selecionados pelo método anterior atendem aos limites de queda de tensão determinados pela concessionária. Constatou-se pelos dados que é possível utilizar esses condutores, uma vez que a queda de tensão total atinge valores abaixo de 4% para os trechos de baixa tensão, abaixo de 1% para os ramais de ligação e o trecho do transformador para o centro de distribuição. Dessa forma, o dimensionamento dos condutores está de acordo com os critérios técnicos.

Tabela 13. Modelo de cálculo de queda de tensão.

Trecho		Carga			Condutores	Queda de tensão		
Designação	Comprimento	Distribuída	Acumulada	Total	F	Unitária	No trecho	Total
A	B	C	D	$((C/2)+D)*B=E$				
Primário	km	MVA	MVA	MVA x Km				
Secundário	100m	kVA	kVA	kVA x 100m	Nº AWG	G	ExG = H	I
T - CD	0,044	0,0	173,0	7,664	2x{3x1x185(95)}	%	%	%
CD - B	0,4281	0,0	15,70	6,721	3x1x35(35)	0,198	1,331	0,78
CD - C	0,042	0,0	41,00	1,706	3x1x120(70)	0,068	0,116	0,92
CD - D	0,029	0,0	36,40	1,059	3x1x70(70)	0,106	0,112	1,57
CD - E	0,2428	0,0	83,64	20,308	3x1x185(120)	0,05	1,015	1,05
CD - A	0,955	0,0	19,30	18,428	3x1x35(35)	0,198	3,649	1,74
A - a	0,0649	0,0	19,30	1,253	3#4(4)	0,211	0,264	0,25
B - b	0,0678	0,0	15,70	1,064	3#6(6)	0,311	0,331	0,39
C - c	0,0133	0,0	41,00	0,545	3x1x70(70)	0,106	0,058	0,24
D - d	0,0116	0,0	36,40	0,422	3x1x35(35)	0,198	0,084	0,10
E - e	0,0661	0,0	83,64	5,529	3x1x120(70)	0,068	0,376	0,17

Fonte: Adaptado de Energisa (2023).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se através dos cálculos que os condutores projetados podem ser utilizados tanto na rede aérea, quanto nos ramais de ligação, pois não ultrapassaram o limite de queda de tensão permitido pela norma da Energisa. Vale lembrar que a Energisa utiliza as normas brasileiras para elaborar suas recomendações de instalações de transformadores, seja para a rede urbana ou para a rural.

Os resultados obtidos demonstram que o planejamento criterioso da eletrificação rural é um fator determinante para viabilizar a implantação de unidades agroindustriais em propriedades agrícolas. A partir do levantamento das cargas elétricas, da análise de simultaneidade de uso dos equipamentos e do dimensionamento adequado dos componentes do sistema elétrico, foi possível estabelecer uma configuração técnica capaz de atender às demandas energéticas da propriedade projetada.

O estudo evidenciou que a correta estimativa da demanda máxima é fundamental para a seleção do transformador e para o dimensionamento seguro dos condutores e dispositivos de proteção da rede elétrica

interna. A adoção de critérios técnicos baseados nas normas da ABNT e nas recomendações da concessionária de energia garante maior confiabilidade operacional, eficiência energética e segurança das instalações.

Além disso, o projeto demonstra que a eletrificação rural adequada pode contribuir significativamente para a agregação de valor à produção agrícola, permitindo a instalação de sistemas de beneficiamento, armazenamento e processamento de grãos diretamente na propriedade. No caso do milho, essa estrutura possibilita a produção de derivados com maior valor comercial, reduzindo perdas pós-colheita e ampliando as oportunidades de geração de renda no meio rural. Além disso, a variedade de milho que será utilizada na produção necessita ser avaliada para verificar os critérios de armazenamento, secagem, limpeza e processamento.

Por fim, recomenda-se que, em aplicações reais, sejam incorporados dados específicos da propriedade, como informações topográficas, características climáticas, disponibilidade de infraestrutura elétrica regional e especificações técnicas detalhadas dos equipamentos industriais. Tais informações permitem maior precisão no dimensionamento do sistema elétrico e garantem maior eficiência na implantação de projetos de eletrificação voltados ao desenvolvimento agroindustrial rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 209 p.

_____. **15688: Redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 154 p.

CARDOSO, W. S. et al. Indústria do milho. In: BOREM, A.; RIOS, S. de A. (Ed.). **Milho biofortificado**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. p. 175-195.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2024/25 - décimo segundo levantamento**. Brasília: Conab, set. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/e-book_boletim-de-safras-12o-levantamento_2025.pdf.

GERMANI, R. **Milho**: moagem (site). Embrapa Agroindústria de Alimentos: 2021, [s.l.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pos-producao/agroindustria-do-milho/processamento/moagem>.

GRUPO ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 001: Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária**. Versão 6.3, outubro de 2020. Disponível em: https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NTE_011-Padr%C3%B5es%20pr%C3%A9-fabricados%20Substitu%C3%ADa%20pela%20NDU%20001%20a%20partir%20de%2002_01_2015.pdf.

_____. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 002:** Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária. Versão 5.2. Junho/2019. Disponível em: [https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NTD-011%20\(Substitu%C3%ADa%20pela%20NDU%20002\).pdf](https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NTD-011%20(Substitu%C3%ADa%20pela%20NDU%20002).pdf).

_____. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 004.1:** Instalações Básicas para Construção de Redes Compactas de Média Tensão de Distribuição. Revisão 5.0. Agosto de 2018. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NDU%20004.1%20-%20Instala%C3%A7%C3%B5es%20B%C3%A1sicas%20para%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20de%20Redes%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20MT%20Compacta%20Urbana%20V5.0.pdf>.

_____. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 004.3:** Instalações Básicas para Construção de Redes de Distribuição de Baixa Tensão Multiplexadas. Revisão 5.0. Agosto de 2018. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NDU%20005%20-%20Instala%C3%A7%C3%B5es%20B%C3%A1sicas%20para%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20de%20Redes%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20Rurais.pdf>.

_____. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 006:** Critérios básicos para elaboração de projetos de redes de distribuição aérea urbana. Versão 6.0, janeiro de 2023. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20t%C3%A9cnicas/NDU%20006%20Crit%C3%A9rios%20B%C3%A1sicos%20para%20Elabora%C3%A7%C3%A3o%20de%20Projetos%20de%20Redes%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20A%C3%A9reas%20Urbanas%20Vers%C3%A3o%206.0%20.pdf>.

_____. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 007:** Critérios Básicos Para Elaboração de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Rurais. Versão 5.0. Agosto de 2020. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20t%C3%A9cnicas/NDU%20007%20Crit%C3%A9rios%20B%C3%A1sicos%20para%20Elabora%C3%A7%C3%A3o%20de%20Projetos%20de%20Redes%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20A%C3%A9reas%20Rurais%20Vers%C3%A3o%206.0%20.pdf>.

_____. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 009:** Critérios para Compartilhamento de Infraestrutura da Rede Elétrica de Distribuição. Versão 6.0 Setembro de 2022. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20t%C3%A9cnicas/NDU%20009%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20Compartilhamento%20de%20Infraestrutura%20da%20Rede%20El%C3%A9trica%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20Vers%C3%A3o%206.0.pdf>.

LOVATO, M. C. *et al.* Dimensionamento de silo secador de alvenaria armada para armazenamento de milho em nível de propriedade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA 2018, 47., 2018, Brasília. **Anais CONBEA 2018**. Brasília: Sbea, 2018. p. 1-6. Disponível em: <https://conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2018/livros-2018/ctp-ciencia-e-tecnologia-pos-colheita-9/1666-dimensionamento-de-silo-secador-de-alvenaria-armada-para-armazenamento-de-milho-em-nivel-de-propriedade/file>.

SILVA, J. de S. e. *et al.* Secagem e secadores. In: SILVA, J. de S. e. (ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. Cap. 5. p. 109-146.

SOUZA, I. S. R.; AGUIAR, L. A.; REZENDE, C. F. A. Inoculação do *Bacillus aryabhattai* e os efeitos na produtividade do milho. **Revista Research, Society and Development**, v. 14, n. 2, p. 1-8, fev. 2025. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/48266/37973>