



## Abordagens Termográficas para Eficiência Energética em Usinas de Asfalto: Com Perspectivas na Educação de Engenharia Elétrica

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5263

**Autores:** RONALDO SILVA DA CONCEIÇÃO, ALEX SANTOS FERREIRA, RAYMISSON DA SILVA GOMES, DIORGE DE SOUZA LIMA

**Resumo:** O trabalho aborda a aplicação da eficiência energética em usinas de asfalto, focando na formação acadêmica de engenheiros eletricitistas. Destaca a importância dos motores de indução trifásicos, que são amplamente utilizados na indústria devido à sua eficiência, robustez e baixo custo. A análise termográfica e a implementação de políticas de eficiência energética são enfatizadas como ferramentas para reduzir o consumo de energia e melhorar a sustentabilidade. O estudo também ressalta a importância da manutenção preventiva e do uso de tecnologias avançadas, como a termografia infravermelha, para identificar problemas elétricos e prevenir falhas. Além disso, sublinha a relevância da conscientização sobre sustentabilidade e segurança elétrica, preparando os alunos para enfrentar desafios profissionais reais e implementar soluções eficientes nos contextos industriais.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética, Sustentabilidade, Usina de Asfalto, Termografia.

# Abordagens Termográficas para Eficiência Energética em Usinas de Asfalto: Com Perspectivas na Educação de Engenharia Elétrica

## 1. Introdução

Na indústria, seja ela grande, médio ou de pequeno porte, os motores elétricos estão presente na maioria dos seus setores. Dentre os motores existentes, os mais utilizados são os motores de indução monofásicos e trifásicos que constituem a maioria dos equipamentos, estes nos quais utilizam máquinas elétricas para realizar as mais diversas tarefas. De acordo com Silva (2021), a crescente aplicação dos motores de indução trifásicos se deve principalmente à sua eficiência, baixo custo, robustez, além de sua alta confiabilidade nas mais variadas operações.

Conforme Souza et al (2021), diversos estudos têm apresentado métodos de controle e estimação da velocidade em MIT (motor de indução trifásico), visando reduzir seu consumo de energia elétrica, com ênfase na tentativa de alcançar a melhor eficiência energética sem comprometer o desempenho dos equipamentos, na busca de aprimorar sustentabilidade nas operações que envolvem esses motores.

Segundo WEG (2019) o setor industrial é um dos responsáveis por consumir cerca de 40% da energia gerada no país. Os MITs consomem 68% da energia elétrica consumida nas fábricas e, quando não eficientes, tornam-se os grandes vilões do desperdício da energia. Portanto, o consumo no setor industrial brasileiro, têm uma contínua observação, visando aprimorar a eficiência energética e suas aplicações, sendo indispensável em diferentes setores, tais como o residencial, comercial, industrial, entre outros, estando amplamente correlacionados em diversos processos e no cotidiano dos indivíduos.

Ainda, destaca-se que alguns fatores devem ser observados para a devida segurança, tais como os riscos quanto a utilização desses equipamentos: riscos de choque ou incêndios de origem elétrica. De acordo a Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (Abracopel), estes dados apontam para problemas como instalações elétricas, como dimensionamento de forma inadequado, falta de manutenção, gerando assim sobrecargas não mitigadas, seleções de disjuntores em desconformidades ao calibre dos condutores, sendo crucial para prevenir a evolução de sobrecargas ou curtos-circuitos em incêndios.

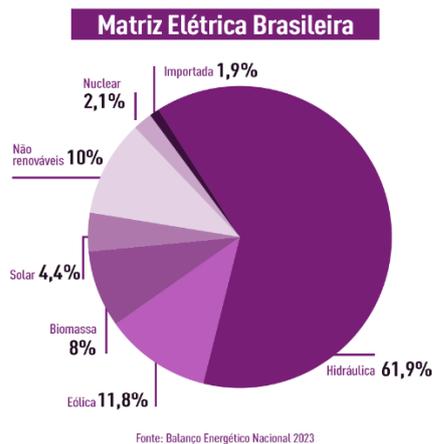
Este trabalho tem como objetivo analisar a aplicação da eficiência energética em motores de indução trifásicos (MIT) utilizados na indústria, com ênfase na redução do consumo de energia elétrica e na melhoria da sustentabilidade das operações. O foco está em metodologias de controle e estimação da velocidade desses motores, visando alcançar a melhor eficiência energética possível sem comprometer o desempenho dos equipamentos.

Na formação acadêmica de engenheiros eletricitas, o estudo dos motores de indução trifásicos é essencial devido à sua ampla aplicação industrial e ao seu impacto significativo no consumo energético. Este trabalho visa capacitar futuros engenheiros eletricitas a identificar, implementar e otimizar práticas de eficiência energética em sistemas motorizados, garantindo a segurança e a confiabilidade das operações. Além disso, aborda a importância de observar as normas de segurança para prevenir riscos de choques elétricos e incêndios, enfatizando a necessidade de uma manutenção adequada e de instalações elétricas bem dimensionadas.

## 2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ao comparar a matriz elétrica mundial com a do Brasil, nota-se uma significativa diferença na participação de fontes renováveis. Enquanto no mundo essa participação gira em torno de 15%, no Brasil ela tende a alcançar cerca de metade de toda a energia produzida no país, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Matriz elétrica no Brasil e no mundo.



Fonte: Balanço Energético Nacional 2023.

No Brasil, as usinas hidrelétricas são responsáveis por mais de dois terços da energia gerada no país. Assim, a falta de chuvas e a escassez de água afetam o fornecimento de luz, gerando apagões, racionamento entre outras medidas. Uma recente decisão do ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) foi aumentar a capacidade de geração das termelétricas, que apresentam maior valor. Esse custo adicional é repassado ao consumidor brasileiro na fatura de energia.

Destaca-se que a eficiência energética é importante por várias razões: proporcionar a diminuição da demanda de energia, o que ajuda a diminuir a dependência dos combustíveis fósseis, bem como reduzir as emissões de gases de efeito estufa que contribuem para a mudança climática além disso, pode gerar ganhos econômicos significativos a nível individual e coletivo, ao reduzir os custos de energia levando ainda, a proporcionar maior segurança no sistema elétrico.

A eficiência energética aplicada a uma usina de asfalto, também está alinhada com as preocupações ambientais, sendo essencial para reduzir o consumo e aumentar a eficácia dos recursos disponíveis.

Um aspecto relevante na busca pela eficiência energética é a manutenção e o monitoramento adequados dos equipamentos elétricos. Destaca-se que em Bortoni et al (2007) foi observado que simples ações de manutenção preventiva, como limpeza e lubrificação, podem melhorar significativamente o rendimento dos motores elétricos. No entanto, para uma análise de maior precisão e abrangência, técnicas mais avançadas são necessárias. A termografia, conforme apontado por Epperly et al (1999), emerge como uma ferramenta eficaz para prevenir falhas e otimizar a manutenção preventiva, evitando paradas não programadas na produção.

### 3. PBE - POLÍTICA BRASILEIRA DE ETIQUETAGEM

A implementação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), sob coordenação do Inmetro, desempenha um papel fundamental na divulgação do desempenho dos produtos, priorizando a eficiência energética. Seu principal propósito reside em oferecer informações claras e acessíveis aos consumidores, permitindo-lhes fazer escolhas de compra mais conscientes. Ao considerar não apenas o preço, mas também a eficiência energética, os consumidores podem tomar decisões informadas, promovendo um consumo mais sustentável (INMETRO, 2021).

A importância do conteúdo das etiquetas não pode ser subestimada, pois equilibra a relação de consumo, reduzindo a assimetria de informação entre consumidores e fornecedores. Muitas vezes, os consumidores necessitam de informações e de conhecimento especializado sobre os produtos que adquirem e enfrentam dificuldades em identificar aqueles que são mais econômicos ou eficientes em termos de recursos naturais. Por outro lado, os fornecedores têm o incentivo de destacar seus produtos no mercado, impulsionando o investimento na melhoria da qualidade e eficiência de seus produtos (BRICS, 2021), conforme demonstrado na Figura 2 (BRICS,2023).

Figura 2 - Etiqueta De Eficiência Energética.



Fonte: BRICS, 2023

### 4. REALIZAÇÃO DE ESTUDO

Em um estudo feito por Carvalho (2015) afirma que, parte dos projetos de grandes empreendimentos industriais, as empresas de engenharia responsáveis pelos projetos focam no consumo energético da planta como um todo, deixando para um segundo momento a análise energética individual de cada sistema e/ou equipamento. A eficiência energética em torno de uma usina de asfalto é crucial pois, não apenas afeta diretamente os custos operacionais, mas, também tem implicações ambientais significativas.

O processo de produção e usinagem de asfalto, requer a operação eficiente quanto a utilização de vários motores. Tensões desequilibradas causam superaquecimento significativo em motores trifásicos, levando à redução da eficiência e potenciais danos. O desequilíbrio também gera vibrações, que podem deteriorar ainda mais a integridade mecânica do equipamento (WILDI. Theodore. 1997). Na Figura (3) é demonstrado a usina de asfalto utilizada para análise de eficiência energética.

Figura 3 – Demonstração da usina de asfalto.



Fonte: Próprio Autor

Para a realização dos estudos foram utilizados equipamentos para auxiliar no desenvolvimento do diagnóstico. Para isso, a seguir são apresentados esses equipamentos:

#### 4.1. Câmera Termográfica e Alicata Amperímetro

A termografia infravermelho oferece uma abordagem não intrusiva e eficiente para identificar problemas de alta temperatura em equipamentos elétricos, como destacado por Rodenas et al (2011), a aplicação da termografia em motores de indução demonstrou ser uma ferramenta valiosa para avaliar o rendimento e realizar balanços de energia. No entanto, é importante ressaltar que a confiabilidade das medições termográficas depende de fatores como o coeficiente de emissividade e o ângulo de visão da câmera, conforme mencionado por Litwa (2010).

Segundo Çengel e Ghajar (2016) a luz visível, é a porção única do espectro eletromagnético que pode ser captada pela visão humana. No entanto, a radiação infravermelha não é visível a olho nu, mas, pode ser mensurada e visualizada através de aparelhos especificamente desenvolvidos para essa finalidade.

Portanto, o uso da termografia associados com outras formas de tecnologia ou inspeções são aspectos interligados na busca por um uso mais inteligente e sustentável da energia elétrica. Ao combinar a implementação de políticas de eficiência energética com o uso adequado da termografia, é possível não apenas otimizar o consumo de energia, mas também prolongar a vida útil dos equipamentos elétricos.

A câmera utilizada para os estudos (demonstrado na Figura 4-a) possui uma tecnologia bem moderna que permite obter detalhes adicionais ao da imagem normal e da imagem térmica, tal tecnologia é chamada de htv700. Este recurso conta com a utilização de duas câmeras, uma que gera imagens térmicas e uma câmera digital típica, quando uma foto é capturada, são utilizadas imagens de ambas as câmeras.

O alicata amperímetro é um instrumento essencial, sua principal função é medir a corrente elétrica em um circuito sem a necessidade de interrompê-lo, o que torna o processo mais seguro e eficiente. Para isso, é utilizado um sensor de corrente, geralmente baseado no princípio do efeito Hall, para detectar o campo magnético ao redor de um condutor. Esse sensor de efeito Hall gera uma tensão proporcional ao campo magnético, que é então convertida em uma leitura de corrente. Essa capacidade é especialmente útil em ambientes industriais e residenciais, onde a interrupção do circuito para medição poderia ser perigosa ou impraticável.

Destaca-se que o alicate amperímetro permite medições sem contato direto com os condutores, o risco de choque elétrico é significativamente reduzido. Além disso, a conveniência de poder medir a corrente em qualquer ponto do circuito sem a necessidade de desconexões torna o trabalho dos técnicos mais rápido e eficiente. A Figura (4-b) demonstra o modelo de alicate amperímetro.

Figura 4 – Demonstração de uma câmera fotográfica e de um alicate amperímetro.



(a) Câmera fotográfica



(b) Alicate amperímetro

Fonte: Próprio Autor

## 5. ANÁLISE E RESULTADOS

As inspeções realizadas na planta da usina de asfalto foram realizadas no dia 04 de janeiro de 2024, partindo do circuito de saída do QTA (Quadro de Transferência Automático) que faz ligação com o QD (Quadro De Distribuição). Na Figura (5) é demonstrado as medições realizadas no QTA. Esse quadro de transferência existe devido existir um gerador de 625kva, para o uso de quando a energia da concessionária de energia falta. O presente trabalho se concentra a partir do QTA conforme mostra a Figura (5).

Figura 5 – Demonstração do Quadro de Transferência Automático.



Fonte: Próprio Autor

As inspeções foram realizadas com os motores da usina todos ligados em plena operação, foram realizadas as medições de correntes em cada terminal do disjuntor do QTA, obtendo os valores de correntes mostrados na Figura (6).

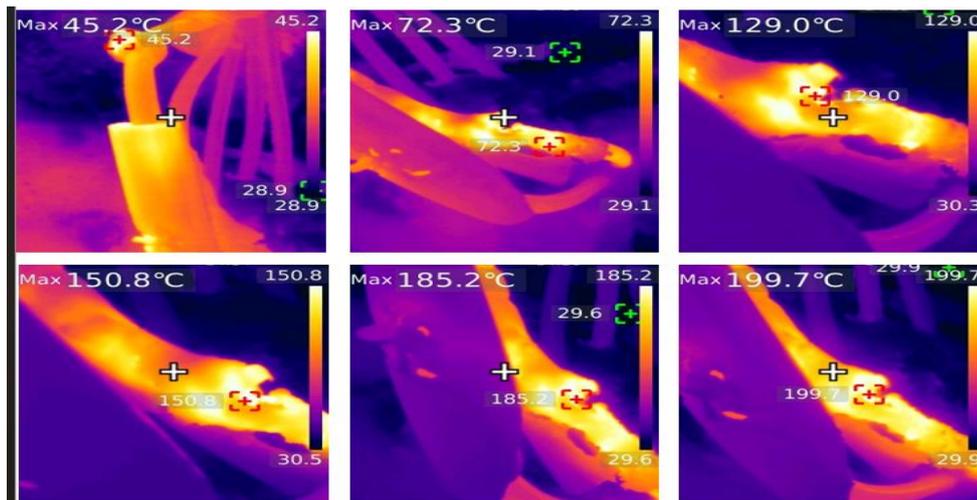
Figura 6 – Medições de corrente em no QTA.



Fonte: Próprio Autor

A usina foi mantida funcionando em potência máxima ao longo de 35 minutos, sendo este o período no qual foram registradas algumas imagens termográficas em intervalos de minutos conforme a Figura (7). O ponto de medição fica a 80m do QTA.

Figura 7 – Imagens Termográficas das emendas dos cabos.



Fonte: Próprio Autor

A Figura (9) apresenta as temperaturas obtidas através de amostras tiradas em ciclo de tempo conforme descrito no parágrafo acima, o que mostra um aumento abrupto de temperatura no condutor em um curto intervalo de tempo. O subsequente aumento levou a trabalhar acima da temperatura de regime permanente estabelecida pela norma técnicas (NBR 5410) como mostra a Figura (8).

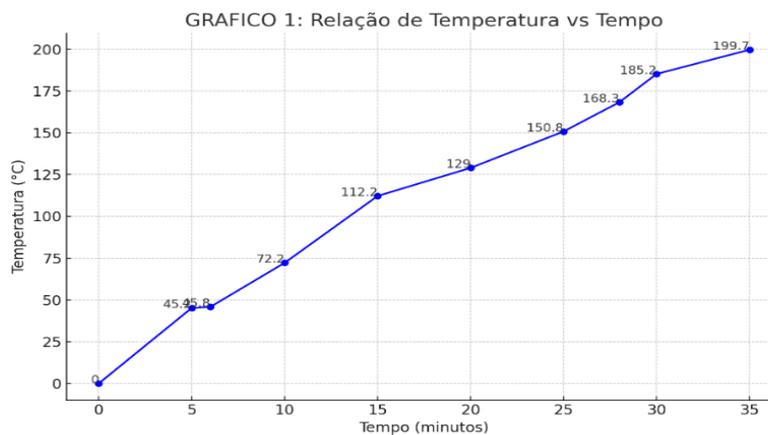
Figura 8 – Temperatura de trabalho dos condutores

Tempo e Temperaturas Características dos Condutores					
Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Tempo limite de sobrecarga (horas)	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Tempo limite de curto-circuito (segundos)	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm	70	100	100	5	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm	70	100	100	5	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	100	130	5	250
Polietileno reticulado(XLPE)	90	100	130	5	250

Fonte: próprio Autor

Para os condutores em regime de sobrecarga, a utilização contínua pode ser mantida por até 100 horas consecutivas ou 500 horas no total durante a vida útil do condutor. No caso de curto-circuito, o tempo máximo suportado é de até 5 segundos para evitar danos permanentes ao condutor (Elemental Engenharia) .

Figura 9 - Relação de Temperatura medida em função do tempo.



Fonte: Próprio Autor

Nas inspeções, foram detectadas algumas discrepâncias em desconformidades com a NBR5410 como o padrão de cores dos cabos e no trajeto do quadro de distribuição até a cabine de comando da usina foi identificado mais de uma emenda nos cabos gerando superaquecimento conforme mostrado na (Figura 10) e no gráfico da (Figura 9).

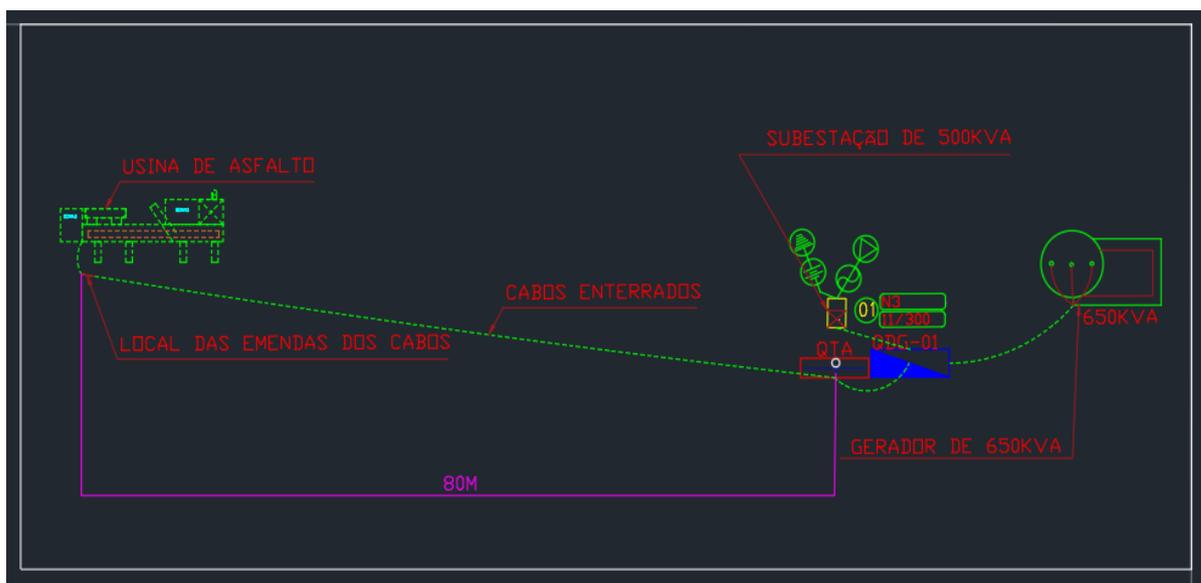
Figura 10 – Emendas nos cabos



Fonte: Próprio Autor

Foi observado que, quando a temperatura nos cabos chegava na máxima conforme mostra a Figura (9) se mantinha enquanto a usina trabalhava. Após algumas horas começava autodesligar os motores, uma forma de proteção dos próprios.

Figura 11: Esquema e planta de situação



Fonte: Próprio Autor

A Figura (11) traz a ideia de onde cada equipamento se localiza e compõe o canteiro de obra da usina de asfalto. Os esquemas representados mostram os seguintes: a alimentação que vem da concessionária e é rebaixada por um Trafo de 500 Kva, tem um gerador de 650 Kva para emergência ou na falta de energia da concessionária, existe ainda os quadros (QDG e QTA), os cabos enterrados e a entrada na cabine da usina.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Existe uma grande dificuldade para se encontrar a origem de problemas de natureza elétrica como os curtos-circuitos, os pontos de má condução ou fugas de correntes, os quais podem causar sérios danos aos componentes de um sistema (tais como cabos, conectores, disjuntores, entre outros aparatos), equipamentos conectados a este e até às pessoas que possivelmente possam entrar em contato com tal patologia. A aplicação da eficiência energética em usinas de asfalto, através da análise termográfica, destaca-se como uma prática essencial e educativa para alunos de engenharia elétrica. Este estudo permite que os discentes coloquem em prática os conhecimentos adquiridos em disciplinas como conversão de energia, instalações elétricas e sistemas de energia.

O uso da termografia infravermelha, uma técnica não intrusiva, é crucial para a manutenção preventiva e preditiva, ajudando a identificar problemas de temperatura em equipamentos elétricos, como o superaquecimento de condutores mal dimensionados. Detectar essas anomalias visualmente seria difícil, mas a termografia torna esse processo mais eficiente e seguro. Implementar políticas de eficiência energética e utilizar tecnologias avançadas otimiza o consumo de energia, resultando em menor demanda por recursos naturais e menor poluição ambiental e prolongando a vida útil dos equipamentos elétricos, podendo reduzir significativamente os custos operacionais, diminuindo as despesas com combustível e eletricidade, conseqüentemente, a usina pode aumentar sua margem de lucro e sua rentabilidade. Melhorar a eficiência energética pode exigir um investimento inicial em tecnologia e equipamentos mais eficientes. No entanto, esses custos podem ser compensados por economias a longo prazo.

Através deste trabalho, os alunos aplicam na prática os conceitos adquiridos em disciplinas como conversão de energia, instalações elétricas e sistemas de energia. A análise termográfica e a implementação de políticas de eficiência energética permitem aos alunos identificar e resolver problemas elétricos comuns, como curtos-circuitos e aquecimento excessivo. O uso da termografia infravermelha capacita os alunos a utilizarem tecnologias de ponta para a manutenção preditiva, tornando-os aptos a lidar com as ferramentas mais recentes do mercado. Os alunos são expostos à importância da eficiência energética e da sustentabilidade, entendendo como suas ações podem impactar positivamente o meio ambiente e a economia. O trabalho destaca a importância de práticas seguras no manuseio e manutenção de sistemas elétricos, prevenindo riscos de choque elétrico e incêndios.

Os discentes são preparados para enfrentar desafios profissionais reais, aplicando soluções práticas e eficientes em contextos industriais. O trabalho desenvolve habilidades técnicas específicas, como a análise termográfica e a implementação de sistemas de eficiência energética. Capacita os futuros engenheiros a adotar inovações tecnológicas,

melhorando a eficiência e a segurança dos sistemas elétricos. Ensina os alunos a implementar soluções que podem reduzir custos operacionais, aumentando a competitividade e a rentabilidade das empresas. Promove a implementação de práticas sustentáveis, contribuindo para a redução do impacto ambiental da indústria.

Este trabalho é relevante pois permite a aplicação prática de conhecimentos teóricos, preparando os discentes de engenharia elétrica para enfrentar desafios profissionais reais. Promove a conscientização sobre eficiência energética e sustentabilidade, capacitando futuros engenheiros a desenvolver soluções que aumentem a segurança, economia e eficiência nos setores industriais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) pelo apoio na realização deste trabalho, e à Secretaria Municipal de Obras de Canaã dos Carajás por permitir que os alunos realizassem o estudo na usina de asfalto.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Haron. **Elemental Engenharia**. Disponível em: <https://elementalengenharia.com/temperatura-de-trabalho-em-fios-eletricos/>. Acesso em: 02 jun. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BORTONI, E. C.; HADDAD, J.; YAMACHITA, R. A.; ET ALI.; **Eficiência Energética: Teoria e Prática**. Fupai, Unifei, PROCEL/Eletronbras, 2007.

BRICS “Programa Brasileiro de Etiquetagem” Disponível em: <https://www.brics-ocp.com.br/o-que-e-programa-brasileiro-de-etiquetagem-pbe>. Acesso em: 05 de maio 2024.

CARVALHO, David Fernando de; **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM TRANSPORTADORES DE CORREIAS DE LONGA DISTÂNCIA – ESTUDO DE CASO**. Encontro Contribuição técnica ao 36º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 30º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, parte integrante da ABM Week, realizada de 17 a 21 de agosto de 2015, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de Calor e Massa**. 4. ed. Tradução de Fátima A. M. Lino. Nova York, 2011. si. Rio de Janeiro 2016.

EPE “EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA” Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 08 de maio de 2024.

EPPERLY, R. A.; HEBERLEIN, G. E.; AND EADS, L. G., **Thermography: a Tool for**

**Reliability and Safety.** *IEEE Industry Applications Magazine*, volume 5, número 1, janeiro/fevereiro, 1999.

<https://guiadaengenharia.com/wp-content/uploads/2019/02/tabelas-completas-5410.pdf>

Acesso em: 08 de maio de 2024

INMETRO “Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia” Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem>. Acesso em: 08 de maio de 2024

LITWA, M., ***Influence of Angle of View on Temperature Measurements Using Thermovision Camera.*** *IEEE Sensors Journal*, volume 10, número 10, outubro, 2010. Honeywell®, “HALL EFFECT SENSING AND APPLICATION”, capítulos 1 e 2.

MARTINHO, Edson; DE SOUZA, Danilo Ferreira; MARTINHO, Meire Biudes; MARTINS JR. Walter Aguiar; MORITA, Lia Hanna Martins; MAIONCHI, Daniela de Oliveira (org). **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ACIDENTES DE ORIGEM ELÉTRICA 2024 – Ano base 2023.** Salto-SP: Abracopel, 2023. DOI: 10.29327/5388685

PROCEL “Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica” Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/procel>. Acesso em: 08 de maio de 2024.

RODENAS, M. J. P.; ROYO R.; DAVIU, J. A.; FOLCH, J. R. **Energy balance and heating curves of electric motors based on Infrared Thermography.** *IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, 2011.

SILVA, Marlio Antônio da; **MÉTODO DE ESTIMAÇÃO DA VELOCIDADE EM MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS ATRAVÉS DA CORRENTE DE ARMADURA COM APLICAÇÃO DA TEORIA DO CAOS.** Tese aprovada em 30 de novembro de 2021

SOUZA, Danilo Ferreira de et al. **Os Motores elétricos e a eficiência energética: tendências e desafios.** *O setor elétrico*, v. 16, p. 34-38, 2021 Tradução. Disponível em: <https://osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/documentos/fasciculos/Cap5-Eficiencia-Energetica.pdf>. Acesso em: 02 fevereiro 2024.

WEG — G.Lab para WEG - Indústria 4.0 pode mudar o cenário do consumo de energia no Brasil. <https://valor.globo.com/patrocinado/weg/weg/noticia/2019/08/05/industria-4-0-pode-mudar-o-cenario-do-consumo-de-energia-no-brasil.ghtml>. Acesso em: 02 fevereiro 2024.

WILDI, Theodore. *Electrical Machines, Drives, and Power Systems.* 1997

## Thermographic Approaches for Energy Efficiency in Asphalt Plants: A Perspective on Electrical Engineering Education

**Abstract:** *The work addresses the application of energy efficiency in asphalt plants, focusing on the academic training of electrical engineers. It highlights the importance of three-phase induction motors, which are widely used in industry due to their efficiency, robustness and low cost. Thermographic analysis and implementation of energy efficiency policies are emphasized as tools to reduce energy consumption and improve sustainability. The study also highlights the importance of preventative maintenance and the use of advanced technologies, such as infrared thermography, to identify electrical problems and prevent failures. Furthermore, it highlights the relevance of raising awareness about sustainability and electrical safety, preparing students to face real professional challenges and implement efficient solutions in industrial contexts.*

**Keywords:** *Energy Efficiency, Sustainability, Asphalt Plant, Thermography*

