FOGÕES DE INDUÇÃO: montagem e testes de um circuito disponível

INDUCTION STOVES: assembly and testing of an available circuit

Artur Bignardi Pereira[I]
Vitor Fragoso[II]
Leandro Momenté Almada[III]
Luis Carlos Geron[IV]

RESUMO

Com a evolução da tecnologia e a aquisição da consciência a respeito de alguns malefícios causados por antigos componentes tecnológicos, torna-se essencial fazer o uso de energia limpa, renovável e segura. Portanto os conhecidos fogões de indução eletromagnética são equipamentos que abrangem esses aspectos, utilizando energia elétrica para gerar correntes parasitas e aquecer as panelas e equipamentos ferromagnéticos, fazendo assim que tenha o chamado aquecimento indutivo, eliminando a utilização do gás de cozinha que podem causar explosões ou incêndios. Essa energia que geram as correntes parasitas é praticamente toda para aquecer o que está nas panelas ferromagnéticas, fazendo com que essa energia não se perca para o ambiente, igual ocorre nos outros fogões tradicionais, a gás ou a resistência. Além da segurança e da eficiência energética que os fogões de indução possuem, há um aumento significativo no consumo de energia, porém pode-se utilizar placas fotovoltaicas para suprir o consumo de energia desses equipamentos. Este trabalho teve como objetivo estudar as funcionalidades deste equipamento, analisar as vantagens: eficiência e segurança deste equipamento e desenvolver um protótipo de um fogão de indução.

Palavras-chave: Fogão de Indução. Aquecimento Indutivo. Energia Renovável.

ABSTRACT

With the evolution of technology and the acquisition of awareness about some dangers caused by old technological components, it becomes essential to make the use of clean, renewable, and safe energy. Therefore, the well-known electromagnetic induction stoves are equipments that cover these aspects, using electrical energy to generate eddy currents to heat pans and ferromagnetic equipment, thus having the so-called induction heating, eliminating the use of cooking gas that can cause explosions or fires. The energy generated by the Eddy currents is practically all used to heat what is in the ferromagnetic pans, so that this energy is not lost to the environment, as it happens in other traditional stoves, gas, or resistance stoves. Besides the safety and energy efficiency that induction stoves have, there is a significant increase in

[I] Graduando do Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho – SP – Brasil. E-mail: artur_bp@hotmail.com
[II] Graduando do Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho – SP – Brasil. E-mail: vitor.fragoso@fatec.sp.gov.br
[III] Professor Mestre da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho – SP – Brasil. E-mail: leandromomente@outlook.com
[IV] Professor Mestre da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho – SP – Brasil. E-mail: luis.geron@fatec.sp.gov.br

energy consumption, but photovoltaic panels can be used to supply the energy consumption of this equipment. This work aimed to study the functionalities of this equipment, analyze the advantages: efficiency and safety of this equipment, and develop a prototype of an induction stove.

Keywords: Induction Stove. Inducton Heating. Renewable Energy.

Data de submissão do artigo: 31/05/2021.
Data de aprovação do artigo: 23/07/2021.
DOI: 10.33635/sitefa.v4i1.160

1 INTRODUÇÃO

Por muito tempo, vem sendo utilizado como forma de combustível para obtermos fogo na cozinha tradicional, o gás liquefeito de petróleo (GLP): Conhecido popularmente como "gás de cozinha" devido a sua aplicação principal para a cocção de alimentos.

Por se tratar de um gás inflamável naturalmente inodoro e asfixiante (WAGNER, 2012), e que pode causar danos à saúde quando inalado em grandes concentrações, sua utilização demanda uma série de cuidados e medidas de segurança para seu armazenamento. Por esses fatores é aplicado um composto a base de enxofre para que o gás tenha um cheiro específico, facilitando a detecção.

No momento da aquisição de produtos para cozinha os principais pontos levantados que determinam a escolha sempre giram em torno principalmente da segurança e eficiência, sendo a cozinha o local onde ocorre o maior índice de acidentes em residências (MACIEL, 2014). Outro fator que vem mostrando grande peso atualmente com as novas gerações, como apontado por Hahn (2015), é a forte tendência a optar por produtos que favorecem as questões ambientais, procurando uma alternativa ao gás de cozinha por outros meios de cocção, como produtos de aquecimento por indução eletromagnética.

Diante do exposto, a indução eletromagnética é uma técnica de aquecimento que trabalha através de materiais condutores elétricos. Um dos principais assuntos sobre o eletromagnetismo é a indução eletromagnética, fenômeno o qual foi descoberto por Faraday em 1831. Faraday descobriu que era possível induzir corrente elétrica em um circuito secundário de metal, variando a corrente de um primeiro circuito relacionado. A produção de calor por meio de indução já chegou a ser considerada uma transformação de energia indesejável, mas este ponto de vista mudou a partir do estudo das "correntes parasitas" induzidas por campos magnéticos variáveis no tempo, conhecidas como Correntes de Foucault.

Este fenômeno mostra que um condutor metálico quando submetido a um campo magnético alternado será aquecido. Aplica-se a este conceito o efeito joule, o qual descreve um fenômeno físico responsável pela conversão de energia elétrica em calor. A indução é usada frequentemente em vários processos térmicos, tais como a fusão e o aquecimento de metais em indústrias, mas também no âmbito residencial com chuveiros e na cocção de alimentos (CALLEBAUT, 2007).

A indução eletromagnética para produção de calor é considerada eficiente devido a alta porcentagem de sua energia ser convertida em calor para os utensílios ferromagnéticos.

Além disso, panelas de materiais não magnéticos também podem ser usadas, quando adaptadas com uma base ferromagnética (CEQUINEL FILHO, 2015).

O funcionamento do fogão de indução tem como peças fundamentais: a bobina de cobre e os circuitos integrados (CI), os quais são responsáveis pela modulação PWM (Pulse Width Modulation), que faz o papel de inversor de frequência responsável por transformar corrente contínua em alternada. São pulsos que farão a frequência necessária para que ocorra uma variação no campo magnético da bobina, gerando desta forma, a indução eletromagnética e tornando possível controlar a temperatura do fogão (SILVEIRA, 2019)

A indução eletromagnética é gerada quando há uma corrente alternada em uma bobina de cobre com uma alta frequência, e quando tiver um fluxo de corrente passando pelo condutor, este será capaz de produzir campo eletromagnético. Quanto maior a frequência da corrente elétrica, mais intenso será o campo eletromagnético produzido por esta bobina (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012)

O campo eletromagnético produzido é capaz de gerar uma corrente elétrica em materiais ferromagnéticos, segundo a Lei de Faraday-Neumann-Lenz, quando um material ferromagnético é colocado próximo ao campo produzido pela bobina, haverá correntes parasitas indo contra a resistividade elétrica do material, fazendo assim gerar calor e ocorrendo o efeito joule (GH INDUCTION, 2011).

O aquecimento por indução só é possível em materiais ferromagnéticos, trazendo assim mais benefício em comparação com o fogão tradicional: por conta deste aquecimento ser concentrado apenas nos utensílios, perdendo o mínimo de calor com uma pequena taxa de transferência para a superfície do fogão, e devido a tecnologia agregada a este tipo de fogão por meio de dissipadores de grande capacidade de calor, qualquer temperatura acima de um valor estipulado será facilmente controlada (CEQUINEL FILHO, 2015).

O controle de temperatura do fogão de indução é altamente preciso quando comparado a sua versão a gás, utilizam de energia limpa (não agressivo ao meio ambiente, como o GLP), e não existe o risco de vazamentos de componentes inflamáveis/nocivos à saúde, e se comparar com a segurança dos fogões elétricos de resistência, o fogão de indução não apresenta perigos de queimaduras, já que ele concentra o aquecimento nos utensílios próprios para este tipo tecnologia, e também proporciona uma segurança extra devido a sua tecnologia que permite o acionamento dos queimadores somente quando estiverem presentes as panelas de matérias adequados (ferromagnéticos).

Dentre os benefícios do fogão de indução, está a eficiência energética que estes proporcionam levando em conta a razão entre o aproveitamento da energia transferida para a realização do cozimento e o calor que é dissipado no ambiente quando em comparação ao fogão a gás por exemplo (TINEL e RIBEIRO, 2013). O consumo de energia elétrica entre o fogão de indução e o convencional elétrico é que o primeiro faz uso de mais potência, e em teoria gastaria mais, porém, se levado em conta o controle de temperatura do fogão de indução, ele se mostra mais eficiente, uma vez em que é capaz de cozinhar os alimentos em um tempo menor (TINEL; RIBEIRO, 2013).

2 INDUÇÃO MAGNÉTICA

Segundo a lei de Faraday-Neumann-Lenz, Halliday, Resnick e Walker (2012) ilustra o funcionamento da indução magnética em um experimento simples, no qual se faz necessário: o amperímetro, espira de material condutor, e um imã. Ao conectar os terminais da espira no

amperímetro, devido à ausência de corrente, não apresentará manifestação, porém ao aproximar o imã da espira, observa-se movimentos no leitor do amperímetro indicando passagem de corrente, caso o imã for afastado da espira, um valor contrário será impresso, e se o imã parar de se movimentar, a corrente consequentemente irá cessar. Haverá alteração no amperímetro enquanto o imã se movimentar, ou seja, quando há uma variação no campo magnético, que irá consequentemente oscilar a corrente de acordo com a velocidade e frequência dos movimentos. Caso o polo norte do imã seja aproximado, a corrente terá determinado sentido, ora se afastado, a corrente adotará sentido contrário.

A corrente presente na espira é conhecida como 'corrente induzida', a movimentação do imã é responsável também pelos movimentos dos elétrons no condutor, processo este chamado de 'força eletromotriz induzida', e o conjunto destes fatores unidos é denominado 'indução' (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p.250).

Houve outros estudos e experimentos através dos quais foi possível observar que ao expor duas expiras condutoras próximas, e uma vez que uma delas esteja sob uma corrente variável, a outra espira que está próxima produzirá uma corrente induzida.

A corrente induzida e a força eletromotriz induzida são causadas pela variação de campo magnético que atravessam a espira. Porém a quantidade de linhas de campo magnético que atravessam a espira não importam, o que determina a corrente induzida e a força eletromotriz induzida é a taxa de variação desse campo magnético (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012)

2.1 Lei de Lenz

Heinrich Lenz, criou um conceito que seria complementar a lei de Faraday, Lenz descobriu que a força eletromotriz gerada em uma espira pela variação de fluxo magnético é oposta ao sentido deste fluxo magnético. Por exemplo se o polo norte de um imã for aproximado da espira, a força eletromotriz observada na espira terá sentido anti-horário, visto que foi convencionado que o polo Norte tem sentido horário e positivo (KITOR, 2010).

2.2 Histerese Magnética

"Histerese magnética é a tendência que os materiais ferromagnéticos apresentam para conservar a magnetização adquirida por eles mediante a aplicação de um campo magnético externo." (HELERBROCK, 2009).

Quando os materiais ferromagnéticos recebem um campo magnético externo, vai existir um ponto que os momentos magnéticos do material estarão alinhados com o campo externo, este fenômeno é chamado de magnetização de saturação. Quando o campo magnético externo sumir, ainda terá alguma magnetização no material, isso é a histerese magnética, e quando há uma magnetização e desmagnetização do material haverá perdas de energia e com isso um aumento de temperatura do material (LANDGRAF, 2016).

2.3 Corrente de Foucault

Quando um campo magnético alternado é aproximado de objetos metálicos, haverá nestes uma corrente induzida, devido ao fluxo de indução variado, denominadas correntes de Foucault ou "correntes parasitas". Em vários campos de aplicação eletrotécnica, estas

correntes constituem um fenômeno indesejável, das quais buscam reduzir seus efeitos, como exemplo: em transformadores e motores (SOARES, 1974).

Correntes de Foucault podem ser definidas como pequenas correntes elétricas circulantes, que são induzidas em uma amostra metálica por um campo magnético alternado. Elas geram um campo magnético ao qual se opõe ao campo inicial, consequentemente, mudando a impedância da bobina (SOARES, 1974).

2.4 Efeito Joule

Na colisão de um elétron com os constituintes do material ao qual está fluindo uma corrente elétrica, é transferido uma parte de sua energia para estes constituintes, em forma de calor, produzindo uma elevação de temperatura no condutor. Este fenômeno é conhecido como efeito Joule, que é um dos princípios fundamentais de conservação de energia. Deste modo, a energia mecânica perdida pelos elétrons, é transformada em energia térmica, a qual flui para componentes do material (MACHADO, 2002).

2.5 Profundidade de penetração

A corrente alternada tem como característica que a maior parte de sua energia é concentrada no exterior do condutor, fazendo assim que o calor se concentre também no exterior do condutor, isso é chamado de Efeito pelicular, ou Skin effect que é percebido pela profundidade de penetração, que depende do material que o aquecimento está acontecendo e também da frequência que está sendo submetido, portanto se houver um controle na frequência haverá variação na profundidade de penetração (BAUER NETO, 2013).

“A densidade da corrente induzida na superfície da peça é elevada, e diminui conforme aumentada a distância em relação à superfície. Este fenômeno é conhecido como "Efeito pelicular" (SKIN EFFECT)”. A profundidade de penetração é essencial para a engenharia de aquecimento indutivo, já que através deste conceito, 90% da energia total induzida na peça se transforma em aquecimento (ALBATHERM, 2021)

2.6 Aquecimento indutivo na indústria

O método de aquecimento por indução também é adotado em tratamentos térmicos que exijam uma certa uniformidade de calor em toda sua estrutura, por meio de exposição em temperatura e tempo controlados. O método de aquecimento indutivo, se comparado aos queimadores de óleo e ao de resistência elétrica, é o que tem o aquecimento focado nos utensílios ferromagnéticos, sendo assim é o método de aquecimento mais rápido, e com menos energia dissipadas no ambiente (ALBATHERM, 2021).

2.7 Eficiência energética dos fogões

Tinel e Ribeiro fizeram um experimento em 2013 com os fogões a gás, elétrico resistivo e elétrico indutivo, utilizando a mesma quantidade de água (500ml), panelas de materiais diferentes: alumínio, aço inox comum e aço inox indutivo, cronômetro e termômetro.

No experimento as panelas com 500ml de água em temperatura ambiente foram colocados nas áreas de aquecimento (queimadores ou placas), os fogões ajustados na potência máxima e, quando acionados, ligou-se um cronometro e mediram o tempo até a água atingir 98ºC (temperatura no ponto de ebulição na pressão atmosférica) (TINEL; RIBEIRO, 2013).

Como resultado, o fogão a gás apresentou rendimento de 59,7%, o elétrico resistivo, 60% e o fogão de indução, 90%. Assim, Tinel e Ribeiro (2013) conseguiram demonstrar a eficiência do fogão por indução.

2.8 Segurança

O fogão por indução eletromagnética apresenta particularidades também no quesito segurança, sendo uma tecnologia inovadora com diversos benefícios, porém também necessita de alguns cuidados especiais em seu manuseio. Por ser um aparelho que utiliza do magnetismo, outros equipamentos com tecnologia similar ou materiais que reajam com eletromagnetismo podem sofrer interferência quando estiverem expostos ao campo magnético criado pelo fogão. Acessórios como anéis, colares, pulseiras ou até mesmo talheres compostos por materiais metálicos podem sofrer influência do fogão de indução, ocasionando aquecimento e queimadura. Televisores, rádios, e até mesmo dispositivos de manutenção de saúde como por exemplo o marca-passo, estão suscetíveis a influência do campo magnético (FISCHER, 2021).

Sendo um equipamento cujo controle se dá de maneira eletrônica, é possível acrescentar algumas medidas de proteção inteligentes, como por exemplo o desligamento automático após determinado tempo sem interação, o reconhecimento de utensílios apropriados sobre seus queimadores, e avisos sonoros e visuais de temperaturas (BRASTEMP, 2018)

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho foi elaborado através da abordagem qualitativa, fazendo uso de pesquisa básica, que, com o objetivo de caracterizar os fenômenos presentes no desenvolvimento de um fogão de indução, inicialmente utilizou-se de pesquisa experimental para realizar observações de possíveis variáveis durante seu processo de elaboração.

3.1 A identificação

O tema foi determinado com base em um projeto de desenvolvimento que nos foi proposto, a fim de analisar o desempenho desta tecnologia em comparação a uma já utilizada na indústria de alimentos e cocção, abordando a indução eletromagnética. O início do estudo se deu por meio de pesquisas que tinham com base o eletromagnetismo, e utilizavam desta tecnologia para o aquecimento, como exemplo: fornos, fogões e cooktops por indução.

Algumas alternativas para a criação do protótipo foram analisadas. A criação de um projeto inovador utilizando dos pré-conceitos adquiridos baseando-se nos diferentes modelos estudados se mostrou um trabalho tanto quanto trabalhoso, e de custo alto para seu desenvolvimento. Outras duas alternativas abordadas foram: o desenvolvimento a partir de projetos para cooktops de uso residencial; e a adaptação e dimensionamento de um forno baseando-se em um modelo usado para a fundição de metal no setor industrial. Analisando as

alternativas disponíveis, a última destas foi escolhida como base para este projeto, devido ao maior acervo disponível para pesquisa. Posteriormente também, se fez necessário o estudo dos fogões e cooktops residenciais por indução, para definir e compreender seus parâmetros na segunda parte deste estudo.

3.2 Montagem

Dentre um grande acervo de referências e modelos de esquemas elétricos para tomar como base para o protótipo, foi escolhido inicialmente o forno ilustrado pela figura 2, dimensionado pelo engenheiro Eduardo Moreira (2011), com seu passo a passo de para reprodução.

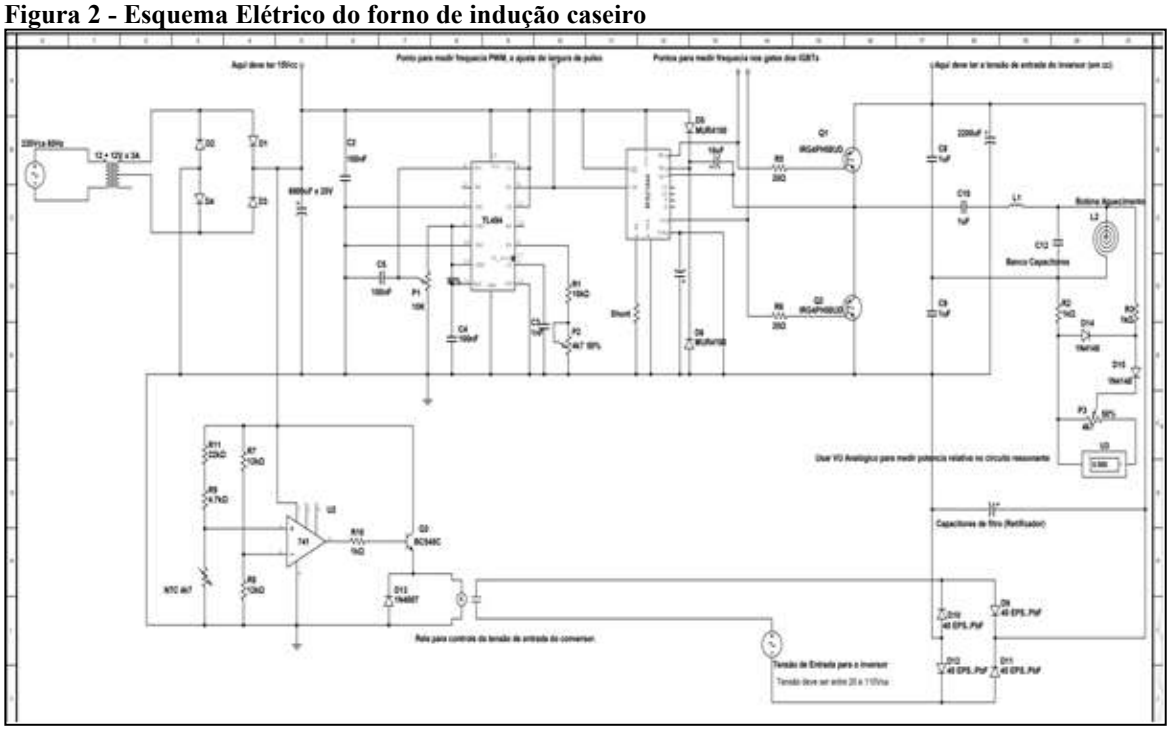
Foram usadas protoboards (Figura 1) para a elaboração inicial do circuito montado, por sua facilidade da identificação de possíveis problemas como mal contato e ligações errôneas de conexões, mas também por facilitarem a manipulação de variáveis de acordo com a necessidade de testes, para a adaptação do protótipo.

Figura 1 - Circuito montado em protoboard



Fonte: Compilação dos autores (2020)

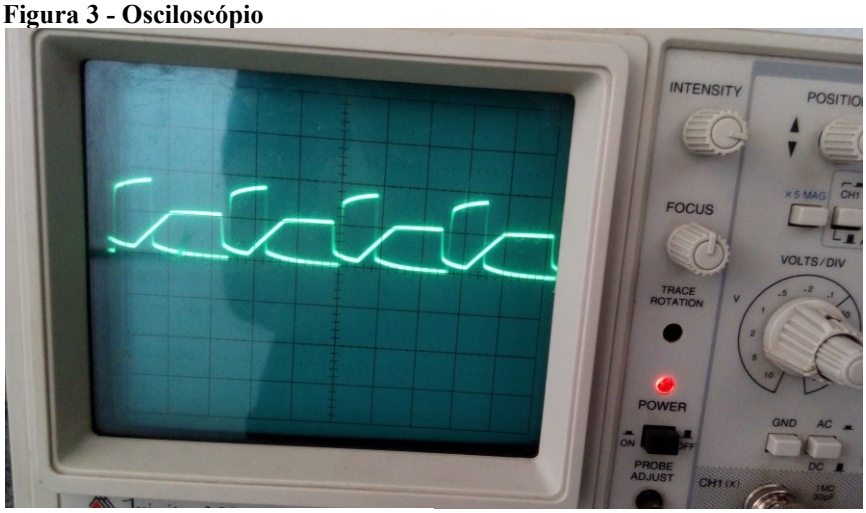
Figura 2 - Esquema Elétrico do forno de indução caseiro



Fonte: Moreira (2011). A imagem ampliada pode ser obtida pelo link http://www.eduardomoreira.eng.br/teoria/Esquema_1.0.pdf

Para determinação e monitoramento de frequências e formatos de ondas elétricas, causadas pelo sistema de acordo com um dimensionamento inicial é feita a partir do osciloscópio (figura 3), aparelho que aborda de forma digital e clara por meio de um visor estas variações.

Figura 3 - Osciloscópio



Fonte: Compilação dos autores (2020)

Os parâmetros apresentados no osciloscópio são: tensão (vertical) e frequência (horizontal). O circuito estaria submetendo os MOSFETs (transistores) encarregados pela variação da corrente na bobina, produzindo o campo magnético responsável para aquecer as

panelas ferromagnéticas. O sinal maior corresponde a CI IRS21844 do terminal que estava funcionando corretamente, e o sinal menor corresponde a entrada/saída do Timer TL949.
Os parâmetros mostrados são de aproximadamente 10 volts e de 74kHz.

4 CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo a construção de um protótipo de forno de indução para a cocção de alimentos, usando como base de desenvolvimento um equipamento similar utilizado na indústria para a fundição de metais. Foram dimensionados todos os componentes do circuito como: CI's (circuitos integrados), diodos, resistores e transistores de modo a adequá-lo ao nosso objetivo de tornar possível a atualização na cozinha tradicional. O protótipo foi trabalhado até determinada fase do projeto, onde devido a respostas insatisfatórias de algumas configurações e do circuito que não puderam ser sanadas.

O circuito integrado IRS21844 não respondeu de maneira satisfatória em função de sua sincronização de estímulos elétricos com o Timer, o CI TL949 e, consequentemente com os MOSFET's, função essa de grande responsabilidade para o acionamento do circuito intermediário. Foram propostas técnicas de controle e alternativas para contornar o problema, como o acionamento deste circuito intermediário por meio de um microcontrolador Arduino, onde este seria responsável por comandar estes estímulos elétricos de maneira coordenada. Outro modo de solucionar este problema seria o redimensionamento do circuito com inversores, utilizando do conhecimento da eletrônica analógica, por meio de álgebra booleana e conceitos de lógica fuzzy, de modo a manipular os impulsos elétricos mal gerenciados pelo CI IRS21844.

O protótipo foi trabalhado até o momento de falha na Faculdade de Tecnologia (FATEC) de Sertãozinho, utilizando dos laboratórios de eletrônica, informática e equipamentos fornecidos no local. As técnicas de correção não chegaram a ser implementadas no protótipo, devido ao agravamento da pandemia do vírus COVID-19 e suas medidas de restrição, que não permitiram a continuidade do desenvolvimento.

O projeto se encontra aberto para novas pesquisas e desenvolvimentos futuros na Fatec Sertãozinho, de modo que auxilie também alunos em processos didáticos dentro das disciplinas ministradas. Para enriquecer ainda mais este artigo, são feitas duas sugestões para futuros aprimoramentos.

A primeira se refere a adaptação do sistema em si com células geradoras de energias externas, de preferência renováveis como por exemplo a energia solar, de modo que diminua o seu impacto ao meio ambiente. A segunda refere-se ao dimensionamento do aquecimento das chapas com técnicas de controles de modo a aproveitar ao máximo determinado nível de calor, levando em consideração as perdas de energia pelo meio em que são submetidas.

REFERÊNCIAS

ALBATHERM. **Princípios físicos do aquecimento indutivo**. 2021.Disponível em: https://www.albatherm.com.br/informativo_principios-fisicos-do-aquecimento-indutivo.php Acesso em: 04 mai. 2021

BAUER NETO, Fernando. **Eficiência energética no aquecimento doméstico de água para banho:** estudo comparativo entre o aquecimento de água através de elemento resistivo e indução eletromagnética. TCC(Monografia) - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica,

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, p. 77. 2013 Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/18484 Acesso em: 30 mar. 2021

BRASTEMP. **Manual dominó Brastemp modelo BDJ30AE**. São Paulo: Brastemp, 2018. Disponível em: https://dtqtu30aguuf7.cloudfront.net/wp-content/uploads/2018/10/Manual-Dominó-Brastemp_Modelo_BDJ30AE_RevA_21-08-18_site-2.pdf Acesso em: 22 abr. 2021.

CEQUINEL FILHO, Sergio Luiz. Cooktop de indução: análise quanto ao conhecimento e utilização de equipamentos de inovação tecnológica. **Revista Técnico-Científica** ISSN: 2358-5420 - Crea-PR, 3.ed. 2015.

FISCHER, Irmãos. **Manual Instruções Fogão Cooktop Fischer 2Q por Indução Mesa Vitrocerâmica**. Brusque: Fisher, 2021. Disponível em: https://loja.fischer.com.br/media/wysiwyg/26507_-_MANUAL_INSTRU_ES_FOG_O_COOKTOP_2Q_POR_INDU_O_MESA_VITROCER_MICA.pdf Acesso em: 22 abr. 2021.

GH INDUCTION. **Sobre aquecimento por indução. 2021.** Disponível em: https://www.ghinduction.com/sobre-aquecimento-por-inducao/?lang=pt-br Acesso em: 01 Jul 2021

HAHN, Ivanete Schneider et al. A consciência ecológica e as atitudes de consumo de status. **Reget**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 1-13, abr. 2015.
HALLIDAY, David; RESNICK, Robert e WALKER, Jearl – **Fundamentos da Física Vol.3 –Eletromagnetismo** - Editora LTC 9. ed., 2012.

HELERBROCK, Rafael, **Brasil Escola,** 2009. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/a- histerese-magnetica.htm Acesso em: 01 abr. 2021

LANDGRAF, Fernando José Gomes. **Propriedades Magnéticas de Aços para fins Elétricos**. São Paulo: Researchgate, 2016. 65 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Jose/publication/268421029_Propriedades_Magneticas_de_Acos_para_fins_Eletricos/links/57544a1008ae10d9337a3baa/Propriedades-Magneticas-de-Acos-para-fins-Eletricos.pdf Acesso em: 22 abr. 2021.

MACHADO, Kleber Daum. **Teoria do eletromagnetismo, vol. 2**. Editora UEPG, Ponta Grossa, 2002. Disponível em: https://pt.slideshare.net/felipenunes1232/kleber-daum-machado-teoria-do-eletromagnetismo-vol-2 Acesso em: 29 mar.2021

MACIEL, Wilson. Acidentes domésticos. **Sbp**, Rio de Janeiro, nov. 2014. Disponível em: https://www.sbp.com.br/imprensa/detalhe/nid/acidentes-domesticos/ Acesso em: 29 mar. 2021

MOREIRA, Eduardo. **Forno a indução para aquecimento/ fusão de metais**; Engenheiro Eduardo Moreira, 2011. Disponível em:

http://www.eduardomoreira.eng.br/metalurgia/inducao/inducao.html. Acesso em: 05 mai. 2021

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. O que é PWM e para que serve? **Citisystems,** 2019. Disponível em: https://www.citisystems.com.br/pwm/ Acesso em: 29 mai. 2021

SOARES, Adolpho. **Aplicação das correntes de Foucaut na detecção de descontinuidades em tubos de zircaloy.** 1974. 203 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências e Técnicas Nucleares, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1974.

TINEL, Fernando Pasinato; RIBEIRO, José Augusto. Estudo sobre a eficiência dos fogões a gás, elétrico resistivo e elétrico indutivo. 2013. **Revista Ciência do Ambiente On-line – Unicamp,** V.9 N.1, junho, 2013.

WAGNER, Felipe. Cheiro de gás de cozinha: aprenda tudo sobre ele. **Rw Engenharia**, Belo Horizonte, dez. 2012. Disponível em: https://www.rwengenharia.eng.br/cheiro-de-gas-de-cozinha/ Acesso em: 29 mar. 2021