

CIÊNCIA E TECNOLOGIA: EIXOS DO DESENVOLVIMENTO

VOLUME V



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Ciência e tecnologia: eixos do desenvolvimento

6ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

6ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238C Ciência e tecnologia: eixos do desenvolvimento

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2024

99 f.: il

DOI: 10.37423/2024.edcl1019

ISBN: 978-65-5367-578-0

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. interdisciplinaridade 2. desenvolvimento 3. avanço I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 600

<https://doi.org/10.37423/2024.edcl1019>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

CAPÍTULO 1	6
ERA DIGITAL E SEUS IMPACTOS NEGATIVOS NO DESENVOLVIMENTO INFANTIL	
Kevin Seidi Boufleuer Koshiba	
Vitória Gomes de Freitas	
Kamila Suemi Boufleuer Koshiba	
Breno Alves Ribeiro	
Lavínia Silva Fonseca	
Danielle Boufleuer	
Matheus Klimach Borba Guimarães	
DOI 10.37423/240809251	
CAPÍTULO 2	9
OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA EM MOTORES ELÉTRICOS COM O USO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA	
Antonio Manoel Batista da Silva	
Bruna Resende	
Giovanna Manzan da Cruz	
João Pedro Santos da Silva	
Marcelo Lucas	
Leandro Aureliano da Silva	
Luiz Fernando Ribeiro de Paiva	
DOI 10.37423/241009365	
CAPÍTULO 3	29
TRATAMENTO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA GRÁFICA EMPREGANDO O PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO	
Luciano André Deitos Koslowski	
Alexandre Tadeu Paulino	
DOI 10.37423/241009371	
CAPÍTULO 4	46
TRABALHANDO ANÁLISE COMBINATÓRIA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O JOGO DA MEGA-SENA	
Silvio Luiz Gomes de Amorim	
Ladislene Amorim Rocha Cunha	
DOI 10.37423/241009373	

CAPÍTULO 5 57

PROPOSTA DO PROJETO EEMI – DISPOSITIVO DE TREINAMENTO E IMPRESSORA
BRAILLE: SOLUÇÕES PARA ENSINO, ESCRITA E IMPRESSÃO EM BRAILLE

Michell Thompson Ferreira Santiago

Lorena Bispo Macedo Dos Santos

Jamilly Carias do Rozário

Deyvid Santos Carvalho

Breno Henrique Santana da Silva

Jonathan de Jesus Silva

Elisabete Guedes Conceição

DOI 10.37423/241009384

CAPÍTULO 6 65

PROPOSTA PROCARE – PROJETO DE CAPTAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE EFLUENTES

Michell Thompson Ferreira Santiago

Gabriel da Silva Gomes da Cunha

Felipe Ferreira Carneiro Silva

Danilo Minas Novas Bonati

André Santos Rodrigues

Diely Lays de Jesus Santos

Levi da Silva dos Santos

Ana Luiza Cajazeira Santana

Evelyn Santos de Oliveira

Elisabete Guedes Conceição

DOI 10.37423/241009385

CAPÍTULO 7 74

SORBET DE CANISTEL SEM LACTOSE À BASE DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE
CASTANHA DE BARU

Ana Clara Fraire Cardoso

Brenda Bitto Batistela

Rosalinda Arévalo Pinedo

Eliana Janet Sanjinez Argandona

DOI 10.37423/241009387

CAPÍTULO 8 91

O USO DO IRAMUTEQ COMO FERRAMENTA FACILITADORA DA ANÁLISE TEXTUAL POR PROFISSIONAIS DE SAÚDE

Álvaro Sepúlveda Carvalho Rocha

Giovanna Vitória Aragão de Almeida Santos

Olga Maria Castro de Sousa

Sannya Paes Landim Brito Alves

Mayara Callado Silva Moura

Daniella Farias Almeida

Ana Carolina de Macedo Lima

Luana Bastos Araújo

Vitória Fortes Coutinho Chaves

Teresa Cristina Alves Carrias

DOI 10.37423/241009397

Capítulo 1



10.37423/240809251

ERA DIGITAL E SEUS IMPACTOS NEGATIVOS NO DESENVOLVIMENTO INFANTIL

Kevin Seidi Boufleuer Koshiba

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Vitória Gomes de Freitas

*Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES
- Campus Trindade*

Kamila Suemi Boufleuer Koshiba

*Instituto Master de Ensino Presidente Antônio
Carlos - IMEPAC*

Breno Alves Ribeiro

Universidade de Rio Verde

Lavínia Silva Fonseca

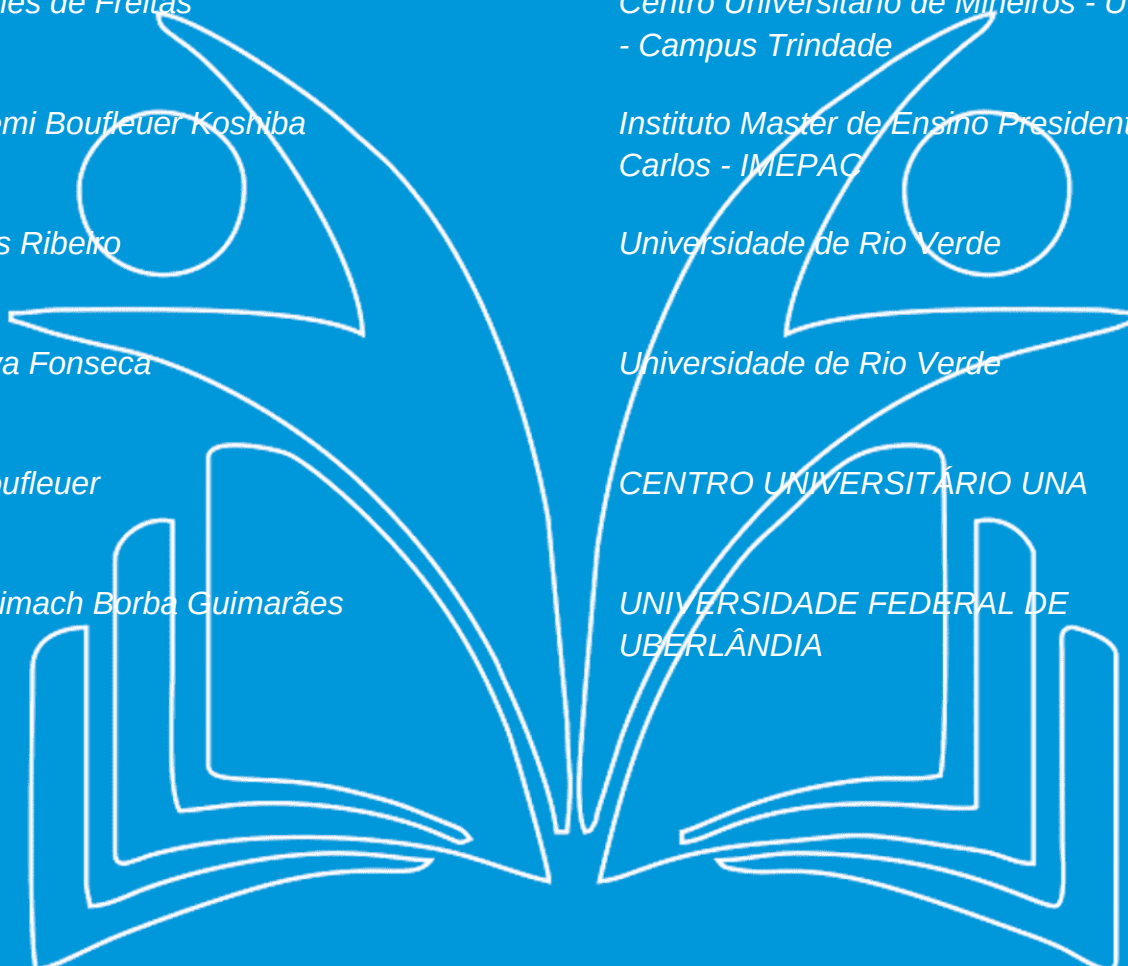
Universidade de Rio Verde

Danielle Boufleuer

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNA

Matheus Klimach Borba Guimarães

*UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA*



Justificativa: A tecnologia influencia comportamentos através do mundo digital, muitos deles inadequados desde os primeiros anos da infância que terão impacto no desenvolvimento da criança.

Objetivos: Discutir os impactos negativos da era digital no desenvolvimento infantil; bem como a importância da conscientização de pediatras e pais sobre esta temática. **Metodologia:** Estudo

descritivo, utilizando a ferramenta de pesquisa Scholar Google com os termos "tecnologia e desenvolvimento infantil", "pediatria e era digital". **Resultados:** O uso precoce e de longa duração de

jogos online, redes sociais ou diversos aplicativos na Internet pode causar dificuldades de socialização e dificuldades escolares; a dependência ou o uso problemático e interativo das mídias causa

problemas mentais, aumento da ansiedade, violência, cyberbullying, transtornos de sono e alimentação, sedentarismo, problemas auditivos por uso de headphones, problemas visuais,

problemas posturais e lesões de esforço repetitivo; problemas que envolvem a sexualidade, como maior vulnerabilidade ao grooming e sexting, acesso facilitado às redes de pedofilia e exploração

sexual online; compra e uso de drogas, pensamentos ou gestos de autoagressão e suicídio. **Conclusão:** A tecnologia tem influências negativas sobre a saúde física, mental e social das crianças. Portanto, os

pais, e pediatras precisam conhecer esses impactos no desenvolvimento infantil para estabelecer os limites necessários de modo que beneficiem e evitem danos.

Palavras-chave: desenvolvimento infantil na era digital, tecnologia e desenvolvimento infantil.

REFERÊNCIAS

ABREU, Cristiano Nabuco de; et al. Vivendo esse Mundo Digital' impactos na saúde, na educação e nos comportamentos sociais. Porto Alegre: Artmed, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. Saúde de Crianças e Adolescentes na Era Digital. Sociedade Brasileira de Pediatria, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.01-11, set. 2016.

Capítulo 2



10.37423/241009365

OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA EM MOTORES ELÉTRICOS COM O USO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Antonio Manoel Batista da Silva

Universidade de Uberaba - Uniube

Bruna Resende

Universidade de Uberaba - Uniube

Giovanne Manzan da Cruz

Universidade de Uberaba - Uniube

João Pedro Santos da Silva

Universidade de Uberaba - Uniube

Marcelo Lucas

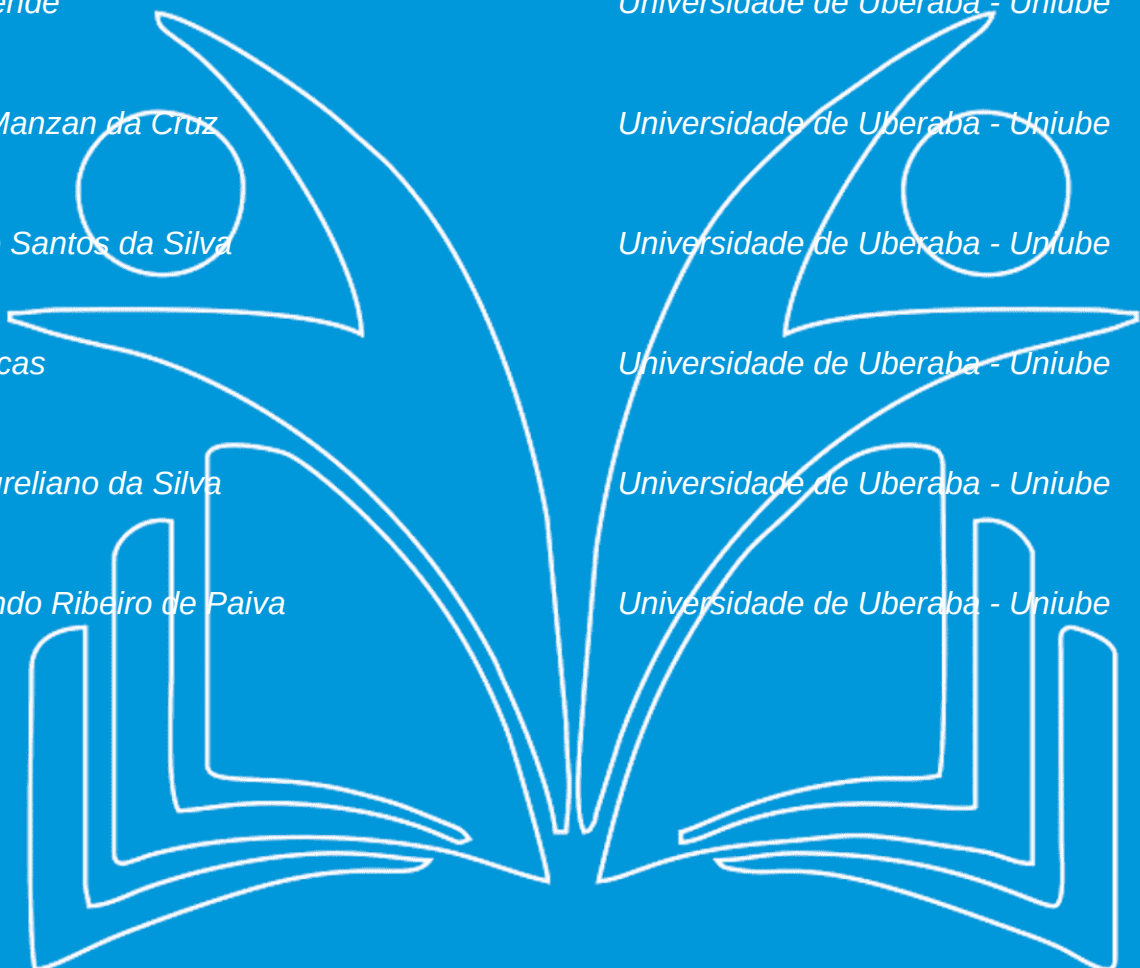
Universidade de Uberaba - Uniube

Leandro Aureliano da Silva

Universidade de Uberaba - Uniube

Luiz Fernando Ribeiro de Paiva

Universidade de Uberaba - Uniube



Resumo: Este estudo explora a eficiência energética de um sistema elétrico com motor de indução trifásico, originalmente acionado por uma soft starter, e analisa a viabilidade de sua substituição por um inversor de frequência. A pesquisa se baseia em um sistema de exaustão empregado em uma indústria de produção de chapas de madeira, no qual o motor opera continuamente em sua potência máxima. Por meio de testes laboratoriais, foi comprovado que a implementação adequada de um inversor de frequência pode reduzir significativamente os custos de energia elétrica. Além disso, o uso do inversor prolonga a vida útil do motor, diminuindo os gastos com manutenção. Os resultados, portanto, evidenciam a viabilidade e os benefícios do uso de inversores de frequência para esse tipo de aplicação industrial.

Palavras-chave: Acionamentos de Máquinas. Energia. Máquinas elétricas. Eficiência energética.

INTRODUÇÃO

Contemporaneamente, é inegável que um dos maiores custos quando se trata de uma indústria é referente ao consumo de energia elétrica, seja em sua planta, seja em seus domínios administrativos, ou até mesmo no armazenamento de seus produtos. De acordo o grupo ABB (2024), 45% da energia distribuída no planeta é consumida pelos motores elétricos, tanto industriais como prediais, sendo assim, é claro que eles são os maiores responsáveis pelos custos referentes a consumo elétrico de uma indústria (Capó, 2021). Entre eles, os motores de indução trifásico correspondem a maior parte da utilização industrial, e na grande maioria, possuem baixa eficiência e alto consumo (Bruno, 2018). Dessa forma, pensando em maneiras de diminuir o consumo de energia de uma planta industrial, o presente trabalho levanta a seguinte questão: como reduzir o consumo de energia elétrica de um motor de indução trifásico de forma eficiente?

Para esse propósito, um sistema de exaustão industrial é analisado, para o qual é realizada a substituição de um acionamento de um motor elétrico com soft starter por um acionamento com inversor de frequência, e a partir dessa mudança, é investiga-se se ocorre uma redução significativa da potência demandada pelo motor, diminuindo o seu consumo de energia. Considerando a dinâmica da planta e com base em cálculos preliminares, utilizando um circuito ideal como referência, espera-se gerar uma economia de gasto de até 70%.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção são abordados os seguintes tópicos a respeito do assunto em questão, quais sejam: consumo de energia, redução de consumo de energia em unidades industriais, motores elétricos e inversores de frequência, potência em corrente alternada e fator de potência.

2.1 CONSUMO DE ENERGIA

O consumo de energia é o quanto de energia é empregada para efetuar um processo ou fazer funcionar um dispositivo ou equipamento durante um determinado intervalo tempo para realizar um determinado trabalho. Tal consumo de energia depende de dois atributos: da potência do aparato e de seu tempo de uso. A potência do equipamento é especificada pelo fabricante, e normalmente é em kW, e o tempo deve ser ajustado em horas. Dessa forma, para obter o consumo em kWh basta multiplicar a potência do equipamento pelo tempo em que ele permanece em operação.

Um ponto crucial é a noção de potência, que indica o fluxo de energia ao longo de um período específico, posto que “as distintas manifestações de energia existentes no mundo têm a capacidade de serem transformadas entre si, corroborando as leis das conversões de energia (Barreto, 2015). O consumo energia pode necessitar de, e abranger, diferentes áreas primárias. Dessa forma, o consumo de energia elétrica pode ser proveniente de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão), de energia renovável (solar, eólica, hidráulica), resultando em transportes, aquecimento, refrigeração, iluminação, entre outros, de acordo com o EPE (2018). Esse consumo pode variar significativamente dependendo de vários fatores, como o tamanho do sistema ou dispositivo, a eficiência energética, o tempo de utilização e o tipo de atividades realizadas. De acordo com o BEN (2016), aproximadamente 30% da energia elétrica produzida no país é consumida pelo setor industrial. Assim, é possível observar que a indústria apresenta uma parcela de consumo considerável em relação ao que é gerado pelo sistema elétrico nacional.

2.2 REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO UNIDADES INDUSTRIAIS

A preocupação com a redução do consumo de energia remete às recentes crises energéticas no Brasil. É motivada também, seja pela necessidade da contenção de despesas operacionais e/ou pela tão difundida necessidade de redução dos impactos ambientais (Sousa e Silva, 2012). No âmbito empresarial, da mesma forma que na indústria, a relevância do controle nos gastos com energia está em constante ascensão. Fatores ligados à diminuição de despesas decorrentes da competitividade do mercado, incertezas quanto à disponibilidade de energia e restrições ambientais sustentam a necessidade de uma gestão mais eficiente desse recurso energético (Barreto, 2015).

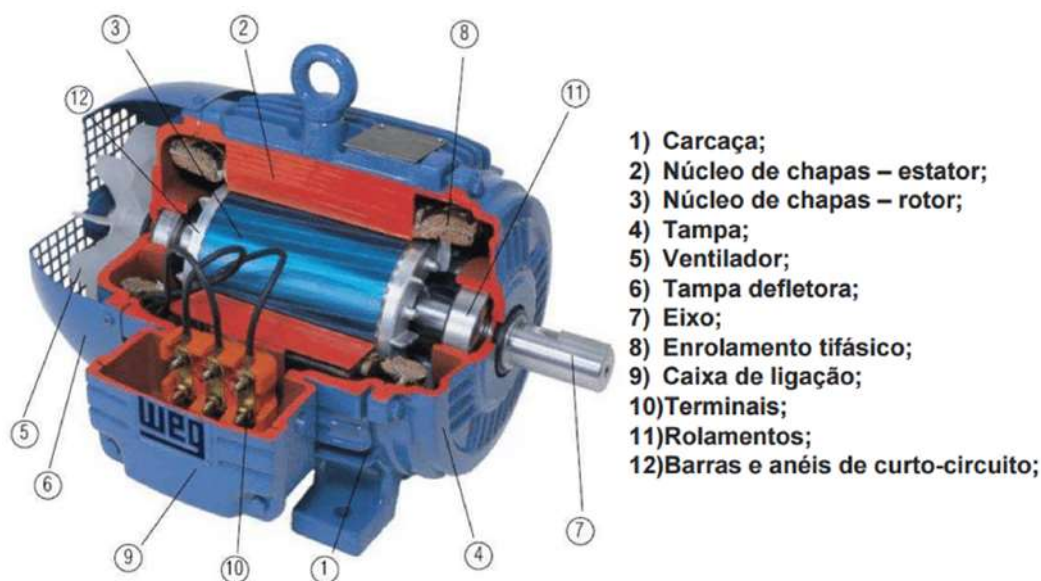
Em nota publicada pela Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), em maio de 2017, o principal motivo do desperdício de energia elétrica é a desatualização de maquinário industrial, de lâmpadas e de eletrodomésticos. A indústria é um setor que consome boa parte da energia gerada pelo sistema elétrico nacional, muitas vezes proveniente de fontes não renováveis. A redução do consumo energético ajudaria a diminuir as emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e a preservação do meio ambiente (Sousa e Silva, 2012). Ao adotar medidas para reduzir o consumo energético, as indústrias podem melhorar sua eficiência energética. Isso significa utilizar menos energia para produzir a mesma quantidade de bens ou serviços, o que resulta em redução de custos operacionais. A energia economizada pode ser redirecionada para investimentos em outras áreas da empresa, melhorando assim a competitividade perante o mercado.

De outro modo, cada vez mais, as empresas em geral são cobradas por sua responsabilidade social e seu impacto no meio ambiente. A redução do consumo energético na indústria demonstra compromisso com a sustentabilidade e com a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras. De acordo com Sousa e Silva (2012), empresas que adotam práticas sustentáveis e eficientes do ponto de vista energético são vistas com bons olhos por consumidores e investidores, que valorizam a responsabilidade ambiental. Sendo assim, para alcançar a redução do consumo energético no setor industrial, são necessárias diversas ações como: a implementação de sistemas de gestão energética, a adoção de tecnologias mais eficientes, o treinamento de funcionários para práticas sustentáveis e a avaliação constante do desempenho energético da empresa. O engajamento de toda a equipe e o estabelecimento de metas claras são fundamentais para obter resultados significativos na redução do consumo industrial de energia (Barreto, 2015).

2.3 UMA ABORDAGEM SOBRE OS MOTORES ELÉTRICOS

Os motores elétricos de corrente alternada, principalmente os motores de indução são amplamente aplicados em indústrias, empresas comerciais e em residências. Esses motores convertem energia elétrica em energia mecânica e fornecem energia rotativa para muitos dispositivos, equipamentos e aparatos. Eles são conhecidos por sua eficiência energética, baixo custo de manutenção e baixo impacto ambiental em comparação com os motores de combustão interna. Os motores elétricos são usados também em veículos elétricos, eletrodomésticos, máquinas industriais, bombas de água, ventiladores e muitos outros dispositivos. Sua versatilidade e capacidade de ajustar a velocidade e o torque conforme necessário os tornam um facilitador essencial no avanço da engenharia elétrica (Sousa; Silva, 2012). Construtivamente, um motor elétrico consiste em um estator fixo e um rotor móvel. O estator abriga as bobinas condutoras enroladas em várias ranhuras do núcleo de ferro. E o rotor consiste em um eixo e um enrolamento acionado por eletricidade. As partes constituintes podem ser observadas na figura 1 a seguir.

Figura 1 – Motor de indução trifásico.



Fonte: WEG (2024).

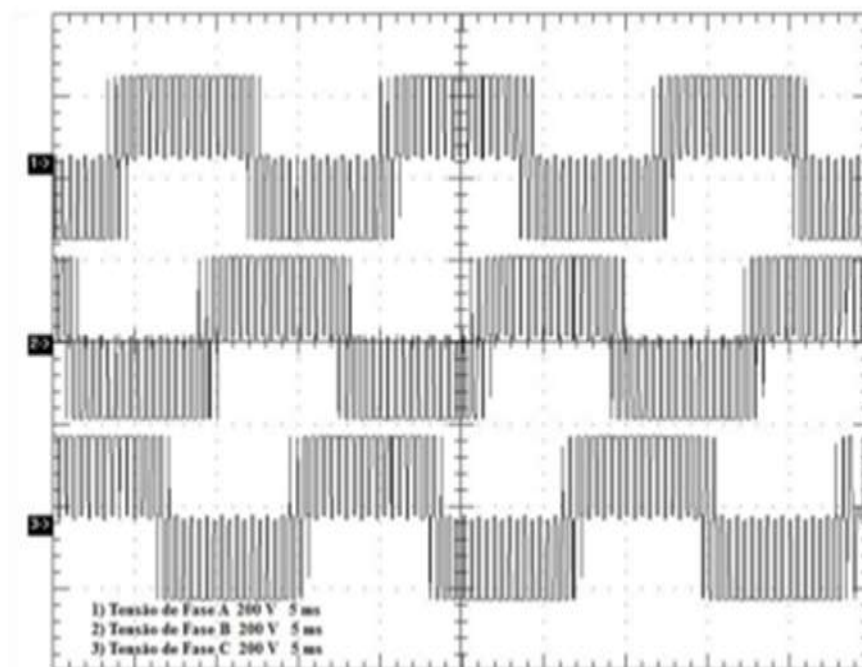
Quando a corrente passa pelo enrolamento do estator, um campo magnético é gerado. Este campo magnético interage com as bobinas do rotor, criando forças atrativas e repulsivas que vira o rotor (Bruno, 2018). A direção e a velocidade de rotação podem ser controladas ajustando a corrente elétrica fornecida ao motor. Com os progressos tecnológicos, os motores elétricos têm se tornado mais eficientes (Capó, 2021), compactos e potentes, contribuindo para a sustentabilidade ambiental (Araújo, 2003). A evolução tecnológica tem impulsionado o desenvolvimento contínuo dos motores elétricos, resultando em avanços significativos em sua linha construtiva. Hoje, existem diferentes tipos de motores elétricos, como motores de corrente contínua (DC) e motores de corrente alternada (AC), os motores de alto rendimento, os motores de passo, os motores de relutância, entre muitos outros, cada um com suas características específicas.

2.4 INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Muitos processos industriais necessitam do controle de velocidade de um motor elétrico para garantir seu pleno funcionamento de um determinado mecanismo. Porém, variar a velocidade de um motor elétrico não é uma tarefa fácil quando se trata de sistemas de corrente alternada, e são, nesses casos, que o inversor de frequência é amplamente utilizado. Seu funcionamento consiste na variação da frequência da tensão da fonte alimentadora por meio de alguns conversores, e dessa forma, o motor pode ser controlado de modo a prover um ajuste contínuo de velocidade e conjugado em relação a

carga mecânica (Franchi, 2008). Na figura 2, é possível observar como é o sinal de saída de um inversor de frequência em cada uma das fases: A, B, C, representadas pelos números: 1, 2, 3.

Figura 2 – Sinal de saída do inversor de frequência



Fonte: ServiceDrive (2024).

Como pode ser observado na imagem da figura 2, a saída do inversor não é uma onda senoidal perfeita, e especialmente em frequências mais altas pode haver distorção harmônica devido à modulação por largura de pulso, mas essa distorção é geralmente controlada para garantir a operação eficiente do motor elétrico de corrente alternada (Cordeiro, 2022). E de acordo com Bruno (2018), os inversores podem operar no modo vetorial ou escalar. O controle vetorial permite um controle mais preciso da velocidade e posição do motor, enquanto o controle escalar é mais simples embora seja adequado para muitas aplicações. Esses equipamentos na verdade possuem uma nomenclatura popular inadequada, posto que não “invertem” a frequência como a descrição sugere, mas sim a convertem, já que o sinal de saída continua semelhante ao sinal de entrada em termos de fase.

2.4.1 COMPOSIÇÃO DOS CIRCUITOS

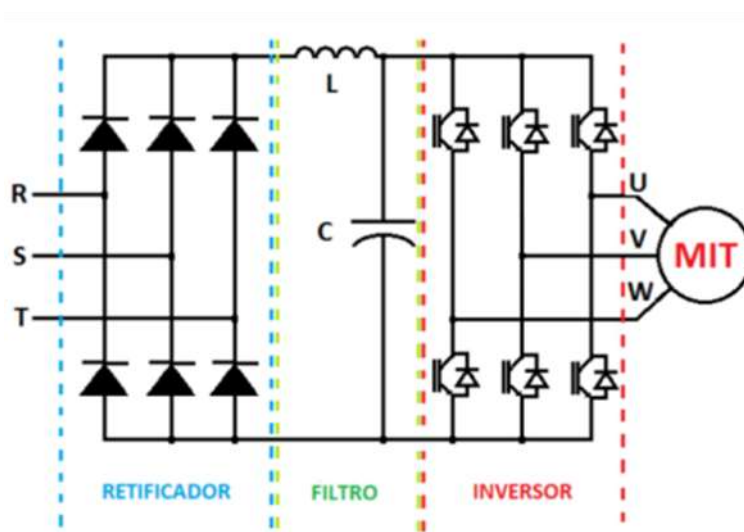
Com o avanço da eletrônica de potência, o desenvolvimento desses equipamentos se deu por meio de dispositivos de estado sólido, inicialmente com tiristores e atualmente com transistores, do tipo IGBT (Franchi, 2008). Por meio de um processo de conversão CC - CA, o sinal de saída de um inversor

possui frequência e magnitude controláveis, dessa forma, a velocidade do motor elétrico é modulada. De acordo com Bruno (2018), os inversores de frequência são constituídos basicamente de:

- a) retificador: converte o sinal alternado em sinal contínuo, geralmente composto por diodos;
- b) filtro/Barramento CC: regula a tensão retificada, amortecendo as oscilações no sinal contínuo;
- c) circuito Inversor: converte a tensão contínua do Barramento CC em tensão alternada novamente, é nesse circuito que ocorre a conversão da frequência. Composto de transistores IGBTs.

Pode-se observar (figura 3) como estes componentes estão dispostos nos inversores:

Figura 3 – Circuito interno simplificado.



Fonte: Bruno (2018).

A tensão de saída varia conforme o tipo de acionamento de frequência do inversor, fornecendo uma corrente próxima da senoidal ao motor elétrico. O circuito de comando dos transistores é o elemento responsável pela geração dos pulsos de controle, a partir de microcontroladores e, atuando sobre a taxa de variação do chaveamento das bases, controla-se a frequência do sinal gerado (Franchi, 2008).

2.4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Dentre as vantagens da utilização dos conversores de frequência, pode-se citar o aumento da vida útil do motor, assim como a redução nos desgastes mecânicos estruturais. Também, é possível citar a ausência de faíscamentos nas bobinas, e a possibilidade de trabalhar em rotações superiores as nominais do equipamento (Franchi, 2008). Velocidades baixas significam ciclos menores dos rolamentos, ventoinhas e demais componentes. A frequência ajustável influencia positivamente na vida útil do motor. Com a utilização dos conversores, os motores de corrente alternada possuem as

mesmas vantagens em relação aos motores de corrente contínua (Araújo, 2003). Em relação as desvantagens, os inversores de frequência possuem algumas características pontuais, conforme cita Cordeiro (2022): (1) o aumento de ruído no motor devido a frequência de chaveamento do sinal, (2) uma pequena perda energética devido a característica não totalmente senoidal da tensão nos terminais do motor e (3) uma significativa geração de harmônicos na rede elétrica.

2.4.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Com a utilização dos inversores de frequência para variação da velocidade, há a redução do consumo de energia elétrica, visto que, ao se reduzir a velocidade, reduz-se também a tensão e corrente do motor, logo, diminui-se o consumo energia (Araújo, 2003). Além das vantagens inerentes, há também a capacidade de redução do consumo de energia elétrica do motor, ocasionando em um sistema um pouco mais eficiente. Porém, essa redução é influenciada por diversos fatores do sistema, entre eles é possível destacar: o fator de potência do motor, assim como seu rendimento, a carga e o seu conjugado, o torque de partida e o torque nominal necessário, entre outros fatores físicos e operacionais do sistema em questão. De acordo com Bruno (2018), diversos estudos foram realizados com o propósito de padronizar e calcular a eficiência energética desse tipo de acionamento em relação aos tradicionais. Porém, devido a esses fatores, é muito complexo coletar dados suficientes para generalizar essas características. Dessa forma, um tipo de sistema é estudado e relacionado, seja sistema de bombeamento, exaustão ou transporte. É de conhecimento que apesar de haver uma redução no consumo, o inversor ocasiona perdas de energia, devido às características do seu sinal de saída.

2.4.4 TIPOS DE CONTROLE

Existem três tipos principais de controle de frequência que os inversores podem se basear, (Cordeiro, 2022): (1) Os VFDs CSI (Inversores de Corrente de Fonte) destacam-se por sua capacidade regenerativa, permitindo a absorção do fluxo de energia de volta para a fonte de alimentação, embora demandem indutores volumosos e dispendiosos, (2) Os VFDs VSI (Inversores de Tensão de Fonte) apresentam limitações como fator de potência insatisfatório, risco de travamento do motor e ausência de regeneração, o que resulta em sua aplicação restrita, e (3) Os VFDs PWM (Modulação por Largura de Pulso) ganham preferência na indústria devido ao excelente fator de potência, eficiência elevada e baixo custo. Esses dispositivos utilizam pulsos de tensão de diferentes comprimentos para simular

uma onda senoidal, sendo o transistor bipolar de porta isolada (IGBT) o componente atualmente adotado (Cordeiro, 2022).

2.5 TIPOS DE POTÊNCIAS

No contexto da alimentação em corrente alternada, algumas particularidades surgem em comparação com o suprimento em corrente contínua. Destaca-se a questão das potências, cujas características específicas do sinal elétrico introduzem diferenças notáveis entre ambas. É crucial compreender que as variações no fluxo de corrente alternada, ao contrário da corrente contínua constante, influenciam significativamente o comportamento e as propriedades das potências envolvidas (Sousa e Silva, 2012). Para Araújo (2003), as potências se dividem em:

- a) **Potência Reativa:** expressa em kVAr é a potência responsável por criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas, sendo a energia que não é transformada efetivamente em trabalho.
- b) **Potência Ativa:** expressa em kW é a potência que é transformada em trabalho, gerando calor, luz, movimento. Também é denominada de potência útil, sendo responsável pela energia que é realmente transferida a carga.
- c) **Potência Aparente:** expressa em kVA representa a potência total que é entregue a carga, sendo responsável pela combinação da energia reativa e ativa.

2.6 FATOR DE POTÊNCIA

Com seu valor máximo limitado a 1, o fator de potência é uma medida adimensional que representa a fração da potência aparente que efetivamente realiza trabalho. Este fator está relacionado ao cosseno do ângulo do triângulo de potências, mostrado na figura 4, “que é o ângulo de defasagem entre as formas de onda da tensão e da corrente em um sistema elétrico” (Barreto, 2015).

Figura 4 – Triângulo das Potências.



Fonte: SKZ Engenharia (2024).

Pode-se calcular o fator de potência usando as razões trigonométricas, como mostrado na equação 1.

$$\cos\phi = \frac{P (KW)}{S (KVA)} \quad (1)$$

em que: $\cos\phi$ é o fator de potência, P é a potência ativa e S é a potência aparente.

Um baixo fator de potência indica que o sistema é muito reativo, causando aquecimento desnecessário nos alimentadores e sobrecarga nos circuitos. A legislação brasileira que trata do fator de potência nas indústrias tem como base principal a resolução normativa ANEEL nº 414/2010, alterada pela resolução nº 569/2013, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. De acordo com essa normativa, as unidades consumidoras industriais são incentivadas a manter um fator de potência igual ou superior a 0,92, visando otimizar a eficiência do sistema elétrico nacional. O não atendimento a esse requisito pode acarretar penalidades financeiras, conforme as regras estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o procedimento experimental do trabalho, uma simulação em laboratório em escala reduzida foi efetuada. Ela que visou a correta representação de um sistema de exaustão real utilizado na indústria. Para isso, alguns materiais foram necessários, assim como os equipamentos e os instrumentos de medição, que são elencados a seguir: (1) um inversor de frequência trifásico - WEG CFW500, 2 CV, 380V; (2) um alicate amperímetro Fluke 303 Calibrado; (3) um exaustor ArGetec - ARX 60 - 13400 m³/h - 1730 rpm c/ Motor de Indução Trifásico - 1,5 CV; (4) um contator tripolar 7A, 220V - WEG CWC07; e (5) um disjuntor tripolar Siemens - C10. Para a coleta dos dados, a simulação do acionamento foi dividida em duas etapas: a primeira foi realizada com uma partida direta e a segunda utilizando um inversor de frequência WEG, mostrado na figura 5. Optou-se pela utilização da partida direta ao invés de uma *soft starter*, uma vez que em regime permanente, o motor consome potências ligeiramente semelhantes, e a aceleração no momento da partida não influencia significativamente no consumo final de energia, tornando assim o sistema menos complexo.

No acionamento por partida direta (figura 6), foram medidas tanto a tensão quanto a corrente de saída para o motor. Com esses dados, foi possível calcular a potência consumida pelo sistema, assim como sua eficiência energética. A partir da coleta, houve possibilidade de estimar o gasto energético desse acionamento ao longo de um período de 24 horas correntes. Com o inversor de frequência, o mesmo teste foi realizado, com os parâmetros iguais, mensurando a tensão e corrente de saída, calculando assim a potência consumida, eficiência e seu consumo. O diagrama da ligação utilizando o

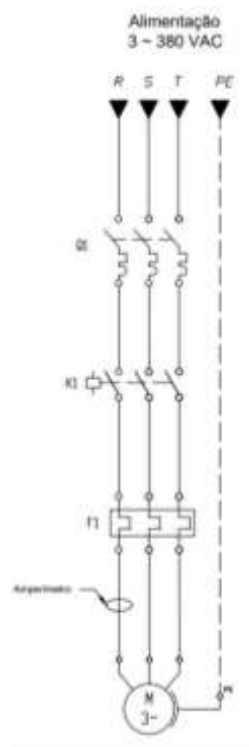
inversor está representado na figura 7, em que pode ser observado que o método de medição foi o mesmo, para não se ter diferença nos valores apresentados.

Figura 5 – Inversor CFW500



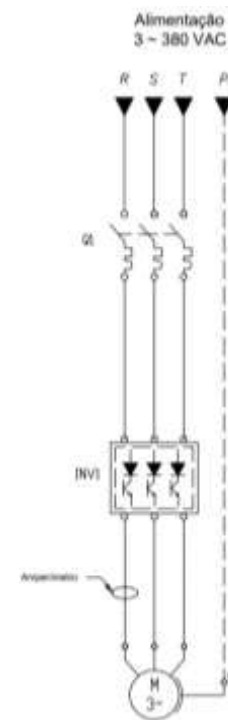
Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 6 – Diagrama elétrico partida direta



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 7 – Diagrama elétrico partida com inversor



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 8 – Exaustor Utilizado nos testes em laboratório



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os testes ocorreram da seguinte forma: foi estabelecido um período de operação de 1 hora, com uma alocação de 85% do tempo para o funcionamento do exaustor sem carga (com comporta fechada) e 15% do tempo para o exaustor com carga (com comporta aberta), simulando fielmente o funcionamento do sistema instalado atualmente. Com base nisso, determinou-se que o exaustor operaria por 17 minutos sem carga, seguidos por 3 minutos com carga, repetindo esse ciclo mais vezes dentro do período de 1 hora.

Com o acionamento por inversor, durante os períodos em que o exaustor não apresentar carga, o motor foi acionado com uma velocidade mínima predefinida e atingiu a velocidade máxima quando houve demanda de carga. Na partida direta, onde não há possibilidade de controle de velocidade, a etapa foi realizada à velocidade máxima. Os dados de tensão e corrente foram coletados empregando um alicate amperímetro, e as demais informações foram coletadas a partir da IHM (Interface Homem Máquina) e dos parâmetros de leitura do próprio inversor. A partir desse processo, os dados foram analisados e comparados entre as duas etapas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 é apresentada a primeira medição com o sistema em partida direta e exaustor sem carga.

Tabela 1 – Teste partida direta sem carga

Frequência (Hz)	Corrente (A)	Tensão (V)	FP
60	2,4	380,5	0,82

Fonte: Elaborada pelos autores.

Após decorrido o tempo estimado, foi aplicada carga ao exaustor, coletando os valores que podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2 – Teste partida direta com carga

Frequência (Hz)	Corrente (A)	Tensão (V)	FP
60	4,1	380,5	0,82

Fonte: Elaborada pelos autores.

Alterando o tipo de acionamento do motor e utilizando um inversor trifásico CFW500, os testes foram repetidos, com e sem carga. No teste sem carga, a frequência do inversor foi variada para melhor entendimento do comportamento do sistema.

Tabela 3 – Teste inversor sem carga.

Freq (Hz)	Corrente (A)	Tensão (V)	FP
10	1,7	65	0,51
15	1,8	94	0,43
20	1,8	123	0,43
30	1,9	185	0,44
40	2,0	248	0,48
50	2,2	310	0,54
60	2,4	372	0,57

Fonte: Elaborada pelos autores.

Neste primeiro teste com o inversor, fez-se necessário determinar qual é a frequência mínima que aciona o exaustor sem carga. Posto que, com a frequência de 10 Hz, o sistema apresentava instabilidade e a velocidade de rotação das pás não era suficiente para gerar uma vazão considerável de ar. E a frequência de 20 Hz apresentava uma maior tensão, consequentemente um consumo maior, optou-se pela frequência de 15 Hz, a qual foi baseada em outro sistema de exaustão presente na indústria estudada, que utiliza esse tipo de acionamento. Após essa avaliação, houve sequência com o teste do inversor com carga.

Tabela 4 – Teste inversor com carga.

Frequência (Hz)	Corrente (A)	Tensão (V)	FP
60	4,1	371	0,80

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir dos dados coletados, foram realizados os cálculos que possibilitaram a análise do efeito do inversor sobre o sistema. Para comparação da eficiência energética nas duas situações, é necessário o cálculo das potências: ativa, aparente e reativa, utilizando os dados das tabelas de 1 a 4. Posto que o sistema é trifásico, para a potência aparente, segundo descreve TME (2023), utilizou-se a seguinte fórmula.

$$S = \sqrt{3} VI \quad (2)$$

em que: S = Potência aparente (VA), I = Corrente de linha (A) e V = Tensão de linha (V).

Para a potência ativa foi utilizada a potência calculada e o fator de potência conforme a equação 3.

$$P = fp \times S \quad (3)$$

em que: P = Potência ativa (W), fp = fator de potência, S = Potência aparente (VA).

Já para a Potência Reativa, utilizou-se do resultado das duas potências anteriores (TME, 2023).

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (4)$$

em que: Q = Potência reativa (VAr), S = Potência aparente (VA) e P = Potência ativa (W).

Dessa forma, obteve-se os seguintes valores para os testes sem carga, na consideração que para o acionamento com o inversor, foi considerado a frequência de 15Hz.

Tabela 5 – Potências no circuito sem carga

Acionamento	Potência Aparente (VA)	Potência Ativa (W)	Potência Reativa (VAr)
Partida Direta	1581,70	1297,00	905,31
Inversor	293,06	126,01	264,58

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para os testes com carga, obteve-se:

Tabela 6 – Potências no circuito com carga

Acionamento	Potência Aparente (VA)	Potência Ativa (W)	Potência Reativa (VAr)
Partida Direta	2702,08	2215,71	1546,57
Inversor	2634,62	2107,69	1580,77

Fonte: Elaborada pelos autores.

Após testes e cálculos realizados, é iniciada a comparação da eficiência energética. Levando em consideração que na empresa tomada como exemplo o valor de 1 kWh equivale a R\$0,31 centavos, e que o motor funciona com carga por 9 minutos e sem carga por 51 minutos, dentro de 1 hora, é possível fazer a projeção para um dia completo, mês e/ou ano. A partir da equação abaixo:

$$E = \frac{(P_{C. carga} \times 9) + (P_{S. carga} \times 51)}{60 \times 1000} \quad (5)$$

em que: E = Energia consumida em 1h (KWh), $P_{C. carga}$ = Potência ativa com carga (W), $P_{S. carga}$ = Potência ativa sem carga (W). Utilizando a fórmula 5, é encontrada a Energia gasta em 1 hora, multiplicando o

resultado por 24, tem-se a Energia em um dia, e o resultado seguinte por 365, é calculado o consumo de um ano.

Tabela 7 – Consumo de Potência Ativa

Acionamento	1h (KWh)	1 dia (KWh)	1 ano (KWh)
Partida Direta	1,4348	34,4353	12568,914
Inversor	0,4563	10,9515	3997,321

Fonte: Elaborada pelos autores.

Seguindo a mesma linha de raciocínio para as potências aparente e reativa chega-se aos resultados.

Tabela 8 – Consumo de Potência Aparente

Acionamento	1h (kVA)	1 dia (kVA)	1 ano (kVA)
Partida Direta	1,7497	41,9943	15327,944
Inversor	0,7211	17,3075	6317,256

Fonte: Elaborada pelos autores.

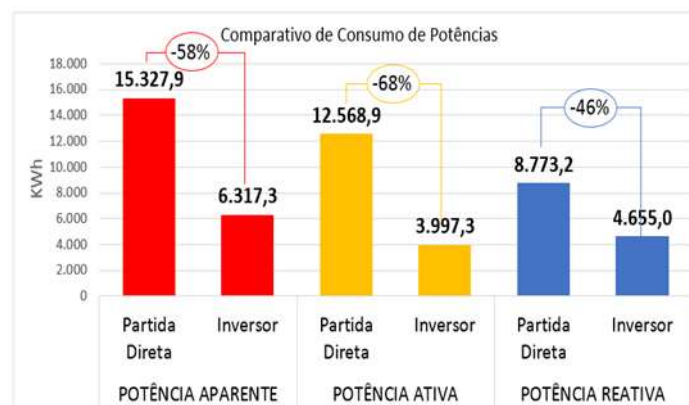
Tabela 9 – Consumo de Potência Reativa

Acionamento	1h (kVAR)	1 dia (kVAR)	1 ano (kVAR)
Partida Direta	1,0015	24,0360	8773,156
Inversor	0,5319	12,7535	4655,040

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Figura 9, é possível observar a proporção de redução nas potências entre um tipo de acionamento e outro.

Figura 9 – Comparativo das Potências



Fonte: Elaborada pelos autores.

DISCUSSÃO

A taxa da conta de energia da concessionária na indústria analisada é de R\$0,31 por kWh. Se é multiplicada a potência ativa por esse valor, é obtido, no caso da partida direta uma fatura anual de R\$ 3.896,36. Por outro lado, com a utilização do inversor, o valor anual seria de R\$ 1.239,17. Isso significa uma redução de 68,19% no gasto financeiro com consumo energético anual desse sistema na empresa.

Dessa forma, é possível observar que há uma significativa redução nos custos anuais de operação. Essa economia pode ser investida em outras áreas da produção, aumentando a competitividade e a sustentabilidade do negócio. Além disso, é justo identificar que houve redução na potência reativa durante a utilização do inversor. Porém, é importante salientar que essa redução ocorreu pelo fato de a potência ativa também ser reduzida, diminuindo também a potência aparente. É possível observar que a utilização do inversor de frequência contribui para a drástica redução do fator de potência do sistema, tornando-o menos eficiente se comparado ao sistema de partida direta, porém com consumo energético menor. Essa redução se deve ao fato do tipo de acionamento de que o inversor frequência utilizado possui, sendo que o tipo VSI possui o pior fator de potência dentre os acionamentos. Porém, a instalação de capacitores corrigiria essa questão muito embora aumentaria o custo de implementação.

Outro fator importante a ser considerado é referente à vida útil do motor, posto que opera em baixa frequência na maior parte do tempo. Dessa forma, reduz significativamente a deterioração das partes internas como rolamentos, rotor e bobinas, se comparado com o acionamento anterior. Considerando que o inversor utilizado na simulação custa, atualmente, em torno de R\$ 3100,00, o investimento seria retornado em aproximadamente 14 meses, constituindo um retorno muito viável. Essa projeção pode ser levada em conta pensando na viabilidade da troca no sistema real. Os testes realizados não consideraram fatores como o consumo do próprio inversor, harmônicas, perdas, torque necessário, condições ambientais entre outras questões que poderiam ter influenciado os valores medidos e calculados. Dessa forma, acredita-se que a economia real gire em torno de 60%, visto que o sistema de exaustão da planta estudada possui maior potência e dessa forma possui maior consumo, maior custo e maior complexidade. Ratifica-se, portanto, uma redução de 60% no custo de energia.

4. CONCLUSÕES

Sendo preferível a utilização de um inversor do tipo PWM, a partir da presente análise foi possível constatar que a substituição de um acionamento elétrico via *soft-starter*/partida direta por um acionamento com inversor de frequência apresenta notável viabilidade para a indústria, vis a vis a rapidez do retorno de investimento, a drástica diminuição do consumo de energia e a expectativa de aumento significativo da vida útil dos motores elétricos.

Outrossim, foi possível averiguar que o tipo de acionamento de frequência do inversor influencia diretamente na qualidade energética do sistema ao auxiliar na redução do consumo da potência reativa, ao aumentar o fator de potência da instalação, ao ajudar a garantir que a empresa cumpra com os requisitos legais vigentes na área de energia elétrica.

Além disso, é importante considerar a preocupação com o atendimento ao encargo ambiental, ao contribuir com a redução a demanda de energia e dessa forma, acorrer para reduzir a necessidade de mais geração, contribuindo assim com a sustentabilidade dos recursos naturais vigentes.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, João Alberto Borges de. Aplicação de inversor de frequência para economia de energia elétrica em sistemas de irrigação por aspersão. 2003. xvi, 158 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciência Agrônômicas do Campus Botucatu - UNESP, 2003 Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_962ee26f31adc8c6ac54c350f2f5bc92. Acesso em: 21 abr. 2024.

BEN. Balanço energético nacional. Ministério de Minas e Energia. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/ptbr/assuntos/secretariassntep/publicacoes/balancoenergeticonacional/anteriores/5-edicoes-anteriores/5-13-ben-2016anobase-2015.pdf/@download/file>. Acesso em: mar. 2024.

BARRETO, Guilherme Pimenta. Sistema de monitoramento e controle de consumo de energia elétrica para uma residência. Centro Universitário de Brasília – UNICEUB. Brasília. 2015. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/7579/1/21136802.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

BRUNO, Evandro Amon. Integração de um CLP, Inversor de frequência e motor de indução trifásico com análise vetorial. Sensorless. 2018. xvi, 61 f. Tese (graduação) - Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Elétrica, 2018. Disponível em: < https://ele.ufes.br/sites/engenhariaeletrica.ufes.br/files/field/anexo/evandro_a_bruno.pdf >. Acesso em: abril, 2024.

CAPÓ, Martin. O uso de motores altamente eficientes na indústria reduziria o consumo global de eletricidade em 10%. ABB. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://new.abb.com/news/pt-br/detail/82715/o-uso-de-motores-altamente-eficientes-na-industria-reduziria-o-consumo-global-de-eletricidade-em-10>. Acesso em: abr. 2024.

CORDEIRO, Maurício. Princípio de funcionamento do inversor de frequência variável (VFD). Dicas de Instrumentação. 2022. Disponível em: <https://www.dicasdeinstrumentacao.com/principio-de-funcionamento-do-inversor-de-frequencia-variavel-vfd/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

EPE. Fontes de energia. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>. Acesso em: mar. 2024.

FRANCHI, Carlos Moro. Acionamentos elétricos. 3. ed. SP: Érica, 2008.

SERVICEDRIVE. Como a frequência é variada? Service Drive. 2024. Tme. Disponível em: <https://www.servicedrive.com.br/lesson/como-frequencia-e-variada>. Acesso em: fev. 2024.

SKZ Engenharia. Correção do fator de potência. SKZ Engenharia. 2023. Disponível em: <https://skzenharia.com.br/correcao-do-fator-de-potencia/>. Acesso em: mar. 2024.

SOUSA, E. da C; SILVA, V. inversor de Frequência e a sua Contribuição para a Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento. 2012. Engenharia, São Paulo, v. 69. n. 609, p. 112-117, 2012.

TME. Potência ativa, passiva e aparente. TME. 2023. Disponível em: <https://www.tme.com/br/pt/news/events/page/51962/potencia-ativa-passiva-e-aparente/>. Acesso em: jan. 2024.

WEG. W22 – Motor elétrico trifásico. WEG. 2020. Disponível em: [https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/hbf/h54/WEG-w22-motor-ele tri co-trifasico-de-inducao-tecnico-mercado-africano-50058213-brochure-portuguese-web.pdf](https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/hbf/h54/WEG-w22-motor-ele-tri-co-trifasico-de-inducao-tecnico-mercado-africano-50058213-brochure-portuguese-web.pdf). Acesso em: abr. 2024.

Capítulo 3



10.37423/241009371

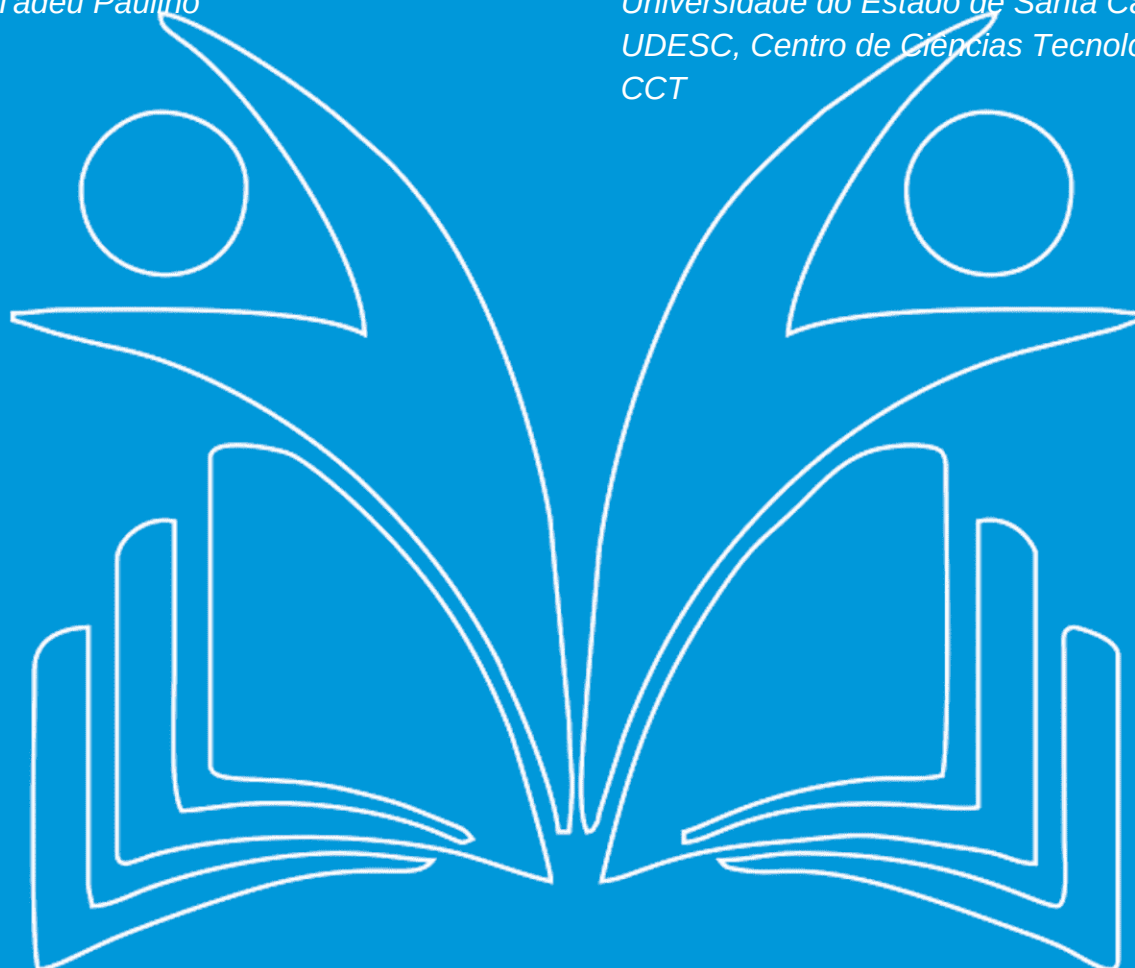
TRATAMENTO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA GRÁFICA EMPREGANDO O PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO

Luciano André Deitos Koslowski

*Universidade do Estado de Santa Catarina-
UDESC, CEA VI - CCT*

Alexandre Tadeu Paulino

*Universidade do Estado de Santa Catarina-
UDESC, Centro de Ciências Tecnológicas -
CCT*



Resumo: O presente trabalho visa estudar o tratamento de um efluente proveniente de uma indústria gráfica utilizando o processo de eletrocoagulação. A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas: A primeira etapa envolveu a avaliação de parâmetros resultantes do processo de tratamento, como a remoção de cor, demanda química de oxigênio (DQO), e pH. Na segunda etapa, avaliou-se o consumo energético específico bem como o custo operacional para as variáveis em estudo: concentração de eletrólito (4 g L^{-1} e 8 g L^{-1}), tempo de aplicação (15 e 20 minutos) e material do eletrodo (alumínio e aço). Os resultados obtidos mostraram que a condição mais favorável para o tratamento do efluente gráfico via eletrocoagulação foi obtido aplicando valores de densidade de corrente de $0,2 \text{ A/cm}^2$, tensão média aplicada de 40 V, concentração de eletrólito de 8 g L^{-1} , e tempo de aplicação de 15 minutos. A condição operacional do tratamento resultou em uma cor de 27 uC, remoção de DQO de 50%, pH final de 8,85, consumo energético de $83,33 \text{ Wh/m}^3$ e custo operacional de R\$ 3,00. Os resultados obtidos evidenciam diminuição significativa da cor e indicam satisfatório custo operacional. Os resultados indicam eficiência do tratamento do efluente gráfico via eletrocoagulação e potencial aplicação em uma escala piloto.

Palavras-chave: eletrocoagulação, indústria gráfica, turbidez, cor.

1. INTRODUÇÃO

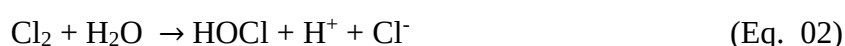
Desde a revolução industrial ocorrida nos séculos XVIII e XIX, as indústrias começaram a produzir em larga escala para atender a demanda por produtos com qualidade. Neste contexto, ocorreu a exploração desenfreada de recursos naturais, que resultou em maior geração e disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos de difícil tratamento. No Brasil, pode ser destacada a aplicação de legislações mais rígidas para a preservação dos recursos hídricos e controle dos impactos provenientes das atividades antrópicas. (ABNT, 2004).

O efluente proveniente da serigrafia é impróprio para descarte na rede de esgotos, cuja composição é caracterizada pela presença de corantes e pigmentos diluídos na água de elevada carga orgânica e acentuada coloração, além disso, tais efluentes são caracterizados como tóxicos e de difícil biodegradabilidade (SILVA, 2004). A matéria orgânica lançada no corpo hídrico é decomposta por bactérias aeróbias que se multiplicam e consomem boa parte do oxigênio, diminuindo a DBO (Demanda bioquímica de oxigênio) e causando a mortalidade de organismos aquáticos (CETESB et al, 2003).

O processo de eletrocoagulação surge como promissora técnica de tratamento de efluentes na área de tratamento tecnológico, devido a sua versatilidade de aplicação em termos de materiais que podem ser empregados como eletrodos (ferro, aço, zinco, alumínio, cobre) e compatibilidade ambiental pelo fato de dispensar o uso de produtos químicos (sais metálicos e polímeros) no tratamento, formação de lodo com maior resistência à desagregação e possibilidade de operação em ciclo fechado (BAZRAFESHAN et al, 2013). A eletrocoagulação permite que os contaminantes sejam submetidos a aplicação de elevado campo eletromagnético, resultando em reações de oxirredução com vantagens operacionais como: menor tempo de retenção, redução ou ausência da adição de substâncias químicas, rápida sedimentação dos flocos e menor produção de lodo. (BOUAMRA et al, 2012)

Na eletrocoagulação, a passagem da corrente elétrica é a responsável pelas diversas reações que ocorrem no efluente a ser tratado: oxidação de compostos, a substituição iônica entre os eletrólitos inorgânicos e os sais orgânicos, com a consequente redução da concentração da matéria orgânica dissolvida na solução e a desestabilização das partículas coloidais, que permite a remoção por meio de técnicas como a sedimentação, floculação ou filtração. (MONEGO, 2011).

No processo eletroquímico, os poluentes podem ser degradados tanto por oxidação direta como oxidação indireta. No processo de oxidação anódico direto, os poluentes são adsorvidos na superfície do ânodo e degradados pela reação de transferência, ou seja, a transferência de elétrons ocorre entre o substrato e o eletrodo de trabalho. No processo indireto, a troca de elétrons é dada entre o substrato e o mediador, e deste com o eletrodo (SHOKRI et al, 2021). Oxidantes fortes, tais como hipoclorito, cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio são gerados eletroquimicamente, sendo responsáveis por promover a oxidação dos poluentes in situ. As equações 01, 02 e 03 apresentam a geração eletroquímica de hipoclorito em uma solução que contém íons cloreto (RAJKUMAR, 2004).



A utilização do processo de eletrocoagulação é vantajoso devido a simplicidade operacional, custo baixo de instalação e manutenção, alta remoção de cor, odor, e remoção parcial de sólidos totais dissolvidos, menor produção de lodo que no tratamento químico convencional, fácil remoção de lodo, formação de flocos mais largos, mais estáveis em meio ácido e com menor conteúdo de água se comparado a coagulação química, o que facilita sua remoção por filtração, menor utilização de produtos químicos e consequente menor poluição secundária e possibilidade de controle da concentração e tamanho da bolhas geradas (MERMA, 2008). Deve-se ressaltar que o processo apresenta fatores limitantes, como a necessidade da troca periódica de eletrodos, consumo de energia elétrica, perda de eficiência por passivação da superfície dos eletrodos, necessidade de solução com alta condutividade e formação de lodo.

Este estudo apresenta como proposta uma pesquisa experimental sobre a aplicação de eletrocoagulação para o tratamento de efluente de uma indústria gráfica, de forma a avaliar o desempenho do processo de eletrocoagulação em relação a sua eficiência de tratamento.

METODOLOGIA

O procedimento experimental foi desenvolvido visando avaliar quatro parâmetros, sendo estes: (A) Tipo de eletrodo; (B) Concentração de eletrólito; (C) Tempo de aplicação; (D) Intensidade de corrente.

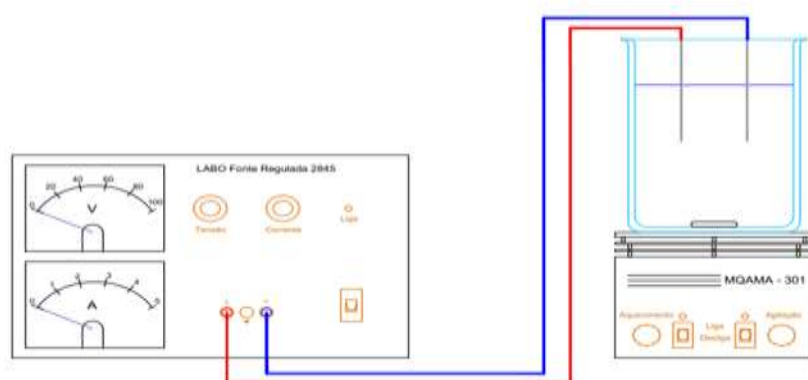
Para a aplicação da eletrocoagulação foi utilizado uma fonte de energia LABO – Fonte Regulada 2845 115 VCA, com capacidade de corrente máxima de 5 Amperes e tensão máxima de 120 Volts. Da mesma

maneira, foram empregadas pequenas placas metálicas de alumínio como eletrodos, estas placas possuem a dimensão de 8 cm de comprimento, 3 cm de largura e 0,1 cm de espessura. Antes de se utilizar destas placas, procedeu-se a limpeza das placas empregando uma solução decapante de ácido nítrico (0,10 molar) por um período de 5 minutos. Os eletrodos foram suspensos com auxílio de um suporte de acrílico e cobre.

Utilizou-se um agitador magnético SOLAB com aquecimentos SI - 91, junto a uma barra magnética para manter a agitação constante e igual para todos os experimentos executados. A concentração de eletrólito utilizada durante os ensaios foram: 4 g L⁻¹ e 8 g L⁻¹.

O reator utilizado para fazer a degradação do efluente industrial de indústria gráfica foram Béqueres de 600 mL da fabricante UNIGLASS. A figura 1 demonstra um esquema do tratamento utilizado em laboratório.

Figura 1 - Esquema aparato experimental para o tratamento da eletrocoagulação.



- 1) Retificador de energia; 2) Fios de transmissão; 3) Eletrodos (Aço/Alumínio); 4) Béquer com efluente;
- 5) Barra magnética; 6) Agitador Magnético;

Tabela 1 – Parâmetros fixos utilizados no processo de eletrocoagulação

Condições	Parâmetro
Distância entre eletrodos	1,5 cm
Agitação magnética	Constante (300 rpm)
Volume do efluente	0,6 Litros
Área do eletrodo	24,8 cm ²
Tipo de Reator	Monopolar
Posição dos eletrodos no reator	Paralelo

O experimento foi realizado empregando uma faixa de intensidade de corrente de 0 a 5 A, e tensão ajustável de 0 a 20 V, com o auxílio de um sistema de agitação mecânica digital, com velocidade de 60 a 1.000 rpm, em um reator eletroquímico de capacidade de 3 L.

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O presente estudo foi delineado de forma a avaliar a eficiência do método de eletrocoagulação para o tratamento de efluentes da indústria gráfica, empregando como variáveis de estudo os seguintes parâmetros: concentração de eletrólito (4 e 8 g L⁻¹), material do eletrodo (aço e alumínio), o tempo de detenção (TD) (15 e 20 minutos) e intensidade de corrente elétrica (3 e 5 amperes). Os ensaios foram realizados conforme planejamento fatorial duplicado (Eq. 04), prevendo possíveis erros experimentais.

$$N = X (2^n) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

N = número de ensaios

X = número de repetições (neste caso= 2).

n = número de variáveis (neste caso, quatro)

Devido ao efluente não apresentar características constantes, não é possível estabelecer uma duplicata, assim, o estudo irá adotar a nomenclatura de ensaio 1 e ensaio 2. Neste sentido, o ensaio 1 (E1) possuirá 16 experimentos diferentes entre si e o ensaio 2 (E2) repetirá os parâmetros operacionais do ensaio 1.

Desta forma elaborou-se uma planilha com a combinação das variáveis de estudo, delineando 16 experimentos vezes dois (Tabela 2).

Tabela 2 – Variáveis experimentais

Ensaio	Variáveis			
	Concentração Eletrólito (NaCl)	Eletrodo	Tempo de Detenção	Intensidade de corrente
01	4 g L ⁻¹	Alumínio	15 min	5 Amperes

02	8 g L ⁻¹	Alumínio	15 min	5 Amperes
03	4 g L ⁻¹	Alumínio	20 min	5 Amperes
04	8 g L ⁻¹	Alumínio	20 min	5 Amperes
05	4 g L ⁻¹	Aço	15 min	5 Amperes
06	8 g L ⁻¹	Aço	15 min	5 Amperes
07	4 g L ⁻¹	Aço	20 min	5 Amperes
08	8 g L ⁻¹	Aço	20 min	5 Amperes
09	4 g L ⁻¹	Alumínio	15 min	3 Amperes
10	8 g L ⁻¹	Alumínio	15 min	3 Amperes
11	4 g L ⁻¹	Alumínio	20 min	3 Amperes
12	8 g L ⁻¹	Alumínio	20 min	3 Amperes
13	4 g L ⁻¹	Aço	15 min	3 Amperes
14	8 g L ⁻¹	Aço	15 min	3 Amperes
15	4 g L ⁻¹	Aço	20 min	3 Amperes
16	8 g L ⁻¹	Aço	20 min	3 Amperes

ENSAIOS ANALÍTICOS

Os procedimentos de coleta, armazenamento e conservação das amostras seguiram a norma NBR 9898 (ABNT, 1987). Os parâmetros físico-químicos foram testados de acordo com o procedimento recomendado pela American Public Health Association (APHA, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

COR

As amostras foram avaliadas segundo o parâmetro cor na unidade de medida (uC), como forma de avaliar a remoção de cor via processo de eletrocoagulação. A tabela 3 apresenta os resultados de cor do efluente bruto (Cor Inicial) e os resultados de cor do efluente tratado pela eletrocoagulação (Cor Final). A unidade de medida utilizada (uC) também pode ser representada por miligramas de cloroplatinato de cobalto por litro.

Tabela 3 – Resultados da Degradação de Cor

Exp.	Ensaio 1		Ensaio 2		Média
	unidades de cor				
	Cor Inicial	Cor Final	Cor Inicial	Cor Final	Cor Final
1	1210	168	2800	27	97,5
2	1175	186	7250	126	156
3	1210	72	2800	10	41
4	1445	S.A.	7250	191	S.A.
5	11400	33	9625	339	186
6	5200	18	9625	36	27
7	5200	61	9625	76	68,5
8	5200	29	17850	88	58,5
9	1115	223	7250	198	210,5
10	1210	125	2800	75	100
11	1110	291	7250	208	249,5
12	13175	21	2800	228	124,5
13	3320	407	17850	152	279,5
14	3320	337	17850	256	296,5
15	3320	409	17850	205	307
16	9625	64	17850	118	91

No estudo realizado foi observada remoção significativa da cor em todos os ensaios realizados. Os experimentos que apresentaram maior redução foram os experimentos 3, 6, 7 e 8, com os valores médios de 41, 27, 68,5 e 58,5 unidades de cor, respectivamente.

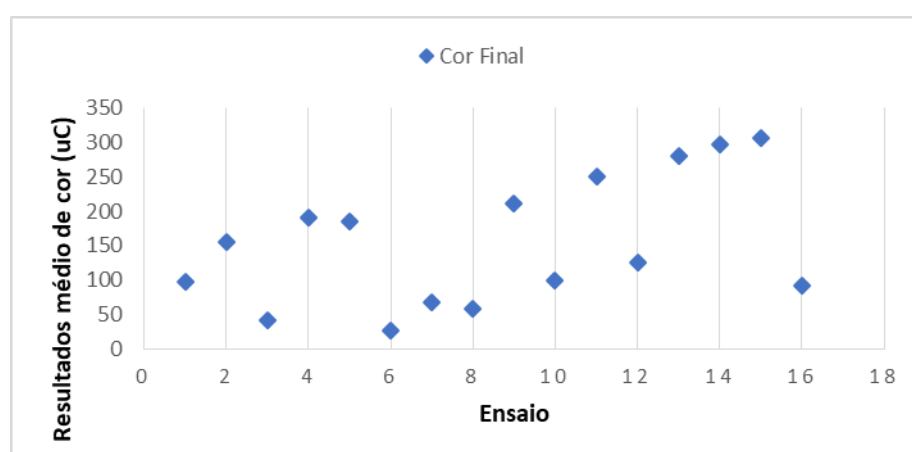
O experimento 3 foi realizado com o eletrodo de alumínio e os ensaios 6,7 e 8 com o eletrodo de aço, ambos com intensidade de corrente de 5 A. Os experimentos realizados com intensidade de corrente de 3 A, não apresentaram remoção de cor significativa. A intensidade de corrente utilizada é um fator chave na determinação de metal oxidado no anodo (CHEN, 2004).

O aumento da intensidade de corrente proporciona um aumento da velocidade da transferência de íons do eletrodo, porém um aumento demasiado da corrente possibilita reações laterais, como a formação de hidrogênio e oxigênio, por isso é importante utilizar a densidade de corrente controlada durante o processo (Pang et al, 2013).

Os resultados obtidos (figura 2) evidenciam que valores de remoção de cor apresentaram variação significativa, justificado pela composição química do efluente resultante e pela diversificação dos métodos de impressão.

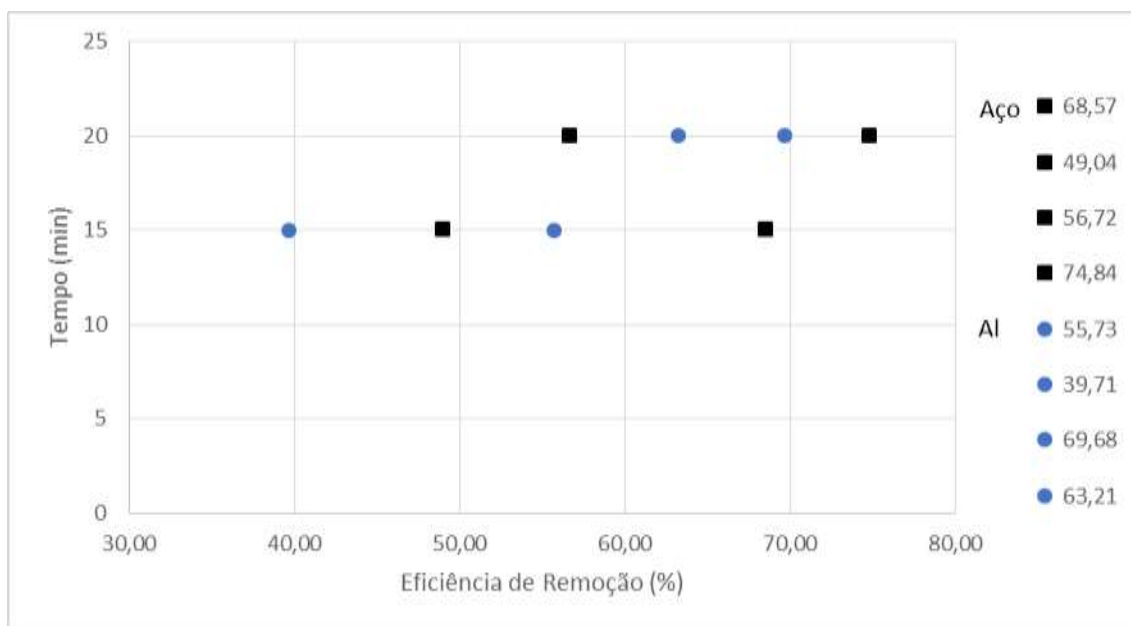
A densidade de corrente de operação é o parâmetro operacional chave, afetando não somente o tempo de resposta do sistema, mas também, influenciando fortemente o modo dominante de separação do poluente. A eficiência de remoção de cor aumenta significativamente com aumento da densidade de corrente, sendo que, correntes mais elevadas produzem um tratamento mais rápido para redução de cor. Valores de intensidade de corrente mais elevada promove um aumento da taxa de oxidação com formação de precipitado. No caso da redução da intensidade de corrente, o tempo necessário para o tratamento, aumenta. (ADHOUM e MONSER (2004))

Figura 1 – Degradação Média de Cor (uC x Ensaio)



DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A figura 3 apresenta os resultados obtidos na remoção de DQO para cada tipo de eletrodo, nos tempos de aplicação de eletrólise de 15 e 20 min.

Figura 3 – Resultados da eficiência de remoção de DQO por eletrodos (Aço e Alumínio)

A remoção de DQO para o eletrodo de aço em um tempo de 20 min, foi de 56,72% e 74,84% variando apenas a concentração de eletrólito e para 15 min, de 68,57% e 49,04% variando apenas a concentração de eletrólito. Os resultados encontrados para o alumínio foram, para 20 min, de 69,68 % e 63,21 % variando apenas a concentração de eletrólito e para 15 min, de 55,73% e 39,71%. Observa-se que ao reduzir o tempo de aplicação e intensidade de corrente da eletrocoagulação a eficiência do tratamento reduz, segundo Drouiche et al (2009), um tempo mais significativo da eletrólise e maior intensidade de corrente resulta no aumento da concentração de íons e formação de flocos de hidróxido, aumentando a quantidade de coagulante no reator, melhorando o desempenho da eletrocoagulação.

Ilhan et al (2007) sugerem em seu estudo que a eletrocoagulação consiste em processo mais confiável que a coagulação química para remoção de DQO. A eficiência de remoção de DQO encontrada por Ilhan et al (2007) para o eletrodo de ferro na eletrocoagulação de lixiviados de um aterro sanitário, foi de 33%, para um tempo de 30 min e para uma intensidade de corrente de 3 A e a remoção de DQO para o eletrodo de Alumínio, em 30 min, foi de 45%, para o mesmo efluente e com a mesma intensidade de corrente (3 A).

Os resultados obtidos neste estudo, para cada tipo de eletrodo, são melhores aos obtidos por Ilhan et al (2007), em um tempo de tratamento menor. As características do efluente utilizado por Ilhan et al (2007) apresentam diferenças em comparação aos utilizados por este estudo, porém, a remoção de DQO no tratamento de efluentes da indústria gráfica foi maior tanto para os experimentos com a

mesma corrente elétrica (3 A) utilizando eletrodos de alumínio e também apresentaram maior remoção para ensaios com corrente elétrica de 5 A e eletrodos de aço.

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

Estudos reportam que a faixa de pH ótimo inicial para a remoção de poluentes dos efluentes para o tratamento de eletrocoagulação é entre 5 a 7. (BAGGAM et al, 2008). A tabela 4 sumariza todos os valores de leitura de pH, como indicativo do impacto do pH inicial no processo de eletrocoagulação para o tratamento de efluentes de indústrias gráficas

A influência do pH no processo de eletrocoagulação, pode ser visualizada por meio dos resultados obtidos para os experimentos 1 e 3. No experimento 1 o efluente bruto apresentou pH inicial de 3,13 e remoção final de cor de 168 uC, o mesmo experimento para o ensaio 2, utilizou-se de um efluente bruto de pH 6,27 e remoção final de cor de 27 uC. No caso do experimento 3 no ensaio 1, o efluente bruto apresentou pH inicial de 3,13 e remoção final de cor de 72 uC. Na mesma condição para o ensaio 2, foi empregado efluente bruto de pH 6,71 com remoção final de cor de 10 uC. Neste contexto, pode ser evidenciado que o pH inicial (efluente bruto) pode ter influência na remoção de cor. Segundo Dermentriz et al (2011), o pH possui considerável efeito na eficiência do processo de eletrocoagulação, cuja variação depende do material do anodo utilizado e do pH inicial da solução a ser tratada.

Tabela 4 – Resultados de pH referente aos ensaios de eletrocoagulação.

Exp.	Ensaio 1		Ensaio 2		Média
	Unidades de pH				
	pH Inicial	pH Final	pH Inicial	pH Final	pH Final
1	3,13	7,31	6,27	8,86	8,085
2	1,9	6,52	2,81	7,69	7,105
3	3,13	7,11	6,71	9,09	8,1
4	1,69	6,79	2,77	7,41	7,1
5	2,28	7,83	2,28	6,37	7,1
6	4,22	9,76	2,28	7,93	8,845
7	4,22	9,73	2,28	7,7	8,715
8	4,22	10,57	2,62	7,11	8,84
9	1,8	6,33	2,8	7,09	6,71
10	3,13	7,19	3,42	7,82	7,505
11	1,4	6,46	2,72	7,16	6,81
12	6,27	8,92	3,42	7,99	8,455
13	6,71	7,4	2,62	7,17	7,285
14	6,71	8,15	2,62	7,48	7,815
15	6,71	7,46	2,62	4,53	5,995

16	2,28	7,35	2,62	6,87	7,11
----	------	------	------	------	------

A influência do pH no processo de eletrocoagulação, pode ser visualizada por meio dos resultados obtidos para os experimentos 1 e 3. No experimento 1 o efluente bruto apresentou pH inicial de 3,13 e remoção final de cor de 168 uC, o mesmo experimento para o ensaio 2, utilizou-se de um efluente bruto de pH 6,27 e remoção final de cor de 27 uC. No caso do experimento 3 no ensaio 1, o efluente bruto apresentou pH inicial de 3,13 e remoção final de cor de 72 uC. Na mesma condição para o ensaio 2, foi empregado efluente bruto de pH 6,71 com remoção final de cor de 10 uC. Neste contexto, pode ser evidenciado que o pH inicial (efluente bruto) pode ter influência na remoção de cor. Segundo Dermentriz et al (2011), o pH possui considerável efeito na eficiência do processo de eletrocoagulação, cuja variação depende do material do anodo utilizado e do pH inicial da solução a ser tratada.

DEGRADAÇÃO DOS ELETRODOS

Os eletrodos empregados neste estudo, foram o de alumínio e de aço. Segundo Merma (2008) o tipo de material dos eletrodos é um parâmetro fundamental nos tratamentos de eletrocoagulação, sendo recomendada a utilização de eletrodos de ferro para o tratamento de efluentes e de alumínio para a água. As tabelas 5 e 6, fornecem os resultados obtidos referentes a quantidade de massa perdida ou ganha por cada eletrodo durante o processo de eletrocoagulação. Os valores foram mensurados na unidade gramas.

Tabela 5 - Resultados da perda de massa dos eletrodos no ensaio 1.

Ensaio 1						
<i>Gramas</i>						
Exp.	P.I.E. 1	P.F.E. 1	D.P.E. 1	P.I.E. 2	P.F.E. 2	D.P.E. 2
1	11,919	11,67	0,249	11,299	10,87	0,429
2	12,074	11,873	0,201	12,228	11,721	0,507
3	10,87	10,578	0,292	11,67	11,172	0,498
4	11,573	10,886	0,687	11,217	10,886	0,331
5	31,828	31,863	-0,035	33,27	32,28	0,99
6	34,707	33,892	0,815	34,546	34,546	0
7	33,892	32,906	0,986	34,546	34,546	0
8	32,906	32,923	-0,017	34,546	33,255	1,291
9	12,515	12,074	0,441	12,473	12,228	0,245
10	10,578	10,274	0,304	11,172	11,08	0,092
11	11,873	11,573	0,3	11,721	11,217	0,504
12	12,62	12,571	0,049	12,595	12,196	0,399
13	32,885	32,766	0,119	33,211	33,252	-0,041

14	32,766	32,622	0,144	33,252	33,225	0,027
15	32,622	32,454	0,168	33,225	33,218	0,007
16	32,447	31,828	0,619	33,208	33,27	-0,062

P.I.E 1: Peso Inicial Eletrodo 1; P.F.E 1: Peso Final Eletrodo 1; D.P.E. 1: Diferenças de Peso Eletrodo 1; P.I.E. 2: Peso Inicial Eletrodo 2; P.F.E. 2: Peso Final Eletrodo 2; D.P.E 2: Diferença de Peso Eletrodo 2.

A tabela 6 reporta os resultados correspondentes a perda de massa para cada eletrodo no ensaio 2.

Tabela 6 – Resultados médios da perda de massa dos eletrodos

Média						
<i>Gramas</i>						
Exp.	P.I.E. 1	P.F.E. 1	D.P.E. 1	P.I.E. 2	P.F.E. 2	D.P.E. 2
1	12,245	12,038	0,207	11,7475	11,262	0,4855
2	12,357	12,1695	0,1875	12,551	12,046	0,505
3	11,638	11,166	0,472	11,662	11,2525	0,4095
4	12,0195	11,5015	0,518	11,794	11,2965	0,4975
5	31,8455	31,7435	0,102	32,775	32,276	0,499
6	33,1655	32,776	0,3895	33,409	32,9055	0,5035
7	34,1505	33,028	1,1225	34,6675	34,6675	0
8	33,028	33,045	-0,017	34,6675	33,271	1,3965
9	12,316	12	0,316	12,09	11,7665	0,3235
10	10,3275	10,155	0,1725	10,4605	10,27	0,1905
11	11,3815	11,0005	0,381	11,305	10,9305	0,3745
12	11,328	11,0545	0,2735	11,0275	10,716	0,3115
13	33,026	32,962	0,064	33,249	32,953	0,296
14	32,962	32,4665	0,4955	32,953	32,9425	0,0105
15	32,4665	32,2815	0,185	32,9425	32,93	0,0125
16	32,278	31,982	0,296	32,925	32,6765	0,2485

P.I.E 1: Peso Inicial Eletrodo 1; P.F.E 1: Peso Final Eletrodo 1; D.P.E. 1: Diferenças de Peso Eletrodo 1; P.I.E. 2: Peso Inicial Eletrodo 2; P.F.E. 2: Peso Final Eletrodo 2; D.P.E 2: Diferença de Peso Eletrodo 2;

Avalia-se os dados obtidos pela média de perda para cada eletrodo (tabela 6), portanto evidencia-se que a dissolução de material é mais acentuada nos eletrodos de aço. Devido a densidade de corrente para os 8 primeiros ensaios ser mais elevada em comparação aos 8 últimos experimentos, tem-se que a maior quantidade de material consumido acontece nesta densidade de corrente, tanto para os eletrodos de aço, como para os eletrodos de alumínio (Holt et al, 2002).

CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO ESPECÍFICO

A **Tabela** apresenta os valores médios para cada ensaio do consumo energético específico. Os valores são expressos na unidade Watts Hora por metro cúbico.

Tabela 7 – Resultados do consumo energético específico

Consumo	
<i>W.h/m³</i>	
Exp.	Resultado
1	145,83
2	89,33
3	194,44
4	111,11
5	83,33
6	83,33
7	83,33
8	55,56
9	31,25
10	31,25
11	100
12	33,33
13	37,5
14	25
15	33,33
16	33,33

O resultado evidencia baixo consumo energético para todos os experimentos que empregaram densidade de corrente de 0,12 A/cm² com exceção do experimento 11. Uma possível justificativa para o resultado apresentado no experimento 11 se deve a elevada tensão aplicada, visto que os demais experimentos denotam baixo consumo de energia comparativamente aos valores obtidos com densidade de corrente de 0,20 A/cm² (32 W.h/m³ ± 7 W.h/m³). Merma (2008) comenta que o aumento da densidade de corrente resulta em aumento do consumo energético específico bem como em um aumento no tempo de aplicação da eletrocoagulação.

CÁLCULO DO CUSTO DE OPERAÇÃO

O cálculo do custo de operação foi realizado de acordo com a equação 33 (item 3.10), sendo necessário considerar o consumo energético específico, conforme apresentado no item 4.10. O cálculo do custo de operação foi realizado utilizando como base referencial o valor monetário da massa (kg) constituinte dos eletrodos. Os preços adotados para o cálculo foram de R\$ 2,90 por quilograma para

o alumínio puro e de R\$ 2,00 por quilograma de aço (Litoral Limpo, 2020). A equação também utiliza o valor do kWh, sendo referenciado a tarifa elétrica utilizada pela Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC) considerando o valor de 0,33 R\$ por kWh. A **Tabela 1** apresenta os valores de custo de operação médio para cada ensaio, sendo este custo devido ao volume de efluente a ser tratado.

Tabela 1 – Resultados dos cu

Custo Operação	
<i>Reais/m³</i>	
Exp.	Valor
1	3,395
2	3,377
3	4,752
4	4,945
5	2,031
6	3,005
7	3,77
8	4,617
9	3,101
10	1,765
11	3,685
12	2,839
13	1,208
14	1,695
15	0,669
16	1,826

A tabela 8 aponta que os custos de operação mais elevado se refere ao experimento 4 com custo operacional de R\$ 4,95 e o custo operacional mais baixo de R\$ 0,70 referente ao experimento 15. Kobya et al (2015) encontrou um valor operacional de 0,550 €/m³ (Conversão dias atuais: 2,19 R\$/m³), para um tempo de aplicação de 60 minutos e um consumo de eletrodo experimental de 0,21 kg/m³ para o tratamento de efluente de uma fabricante de latas, para a sua melhor condição operacional. A diferença do custo operacional de Kobya et al (2015) e deste estudo pode ser justificada pela composição do efluente e parâmetros empregados no tratamento.

CONCLUSÕES

Visto que o objetivo principal deste estudo era realizar um estudo de viabilidade para o tratamento de um efluente proveniente da indústria gráfica via técnica de eletrocoagulação, foi possível analisar que os dados obtidos vislumbram possibilidades de tratamento para este efluente em conformidade com os limites impostos pela legislação federal. De acordo com os testes realizados, percebeu-se uma

redução satisfatória de turbidez, cujo valor médio mais elevado não ultrapassou o limite estabelecido pela legislação brasileira na qual é de 100 UNT (CONAMA 357, 2005).

Contudo, os resultados de cor não foram significativos na maior parte dos ensaios, destacando-se os ensaios com eletrodo de aço com remoção de cor de acordo com a Resolução 430/2011 do CONAMA. O ensaio 6 obteve os melhores resultados, apresentando densidade de corrente de $0,2 \text{ A/cm}^2$, tensão média aplicada de 40 V, concentração de eletrólito de 4 g/500 mL, e tempo de aplicação de 15 minutos, turbidez final de 0,17 UNT, cor final de 27 uC, não ocorreu formação de sólidos sedimentáveis, remoção de DQO de 50%, pH final de 8,85, consumo energético de $83,33 \text{ Wh/m}^3$ e custo operacional de R\$ 3,00. Neste contexto, sugere-se para trabalhos futuros realizar uma avaliação mais detalhada da DQO para todas as análises e proceder uma medição mais confiável para a presença de metais no efluente tratado.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: Abnt, 1987. 22 p.
- APHA, American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22^a. ed., Washington: American Public Health Association, 2012. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington, 2012.
- BAZRAFESHAN, Edris; MOIEN, Hossein; MOSTAFAPOUR, Ferdos K.; NAKHAIE, Shima; Application of Eletrocoagulation Process for Dairy Wastewater Treatment. Journal of Chemistry. 2013.
- BOUAMRA, Fariza; DROUCHE, Nadjib; AHMED, Dihya S.; LOUNICI, Hakim; Treatment of water loaded with orthophosphate by Eletrocoagulation. Procedia Engineering 33. 2012. pág. 155 – 162.
- CHEN, Guohua. Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation And Purification Technology, [s.l.], v. 38, n. 1, p.11-41, jul. 2004. Elsevier BV.
- CONAMA. Resolução nº 357, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. DOU, 2005.
- DERMENTRIZ, K.; VALSAMIDOU, E.; LAZARIDOU, A. Nickel removal from wastewater by electrocoagulation with aluminum electrodes. Journal of Engineering Science and Technology Review. V 4. P. 188 – 192. 2011.
- HOLT, P.K.; BARTON, G. W.; MITCHELL, C.A. A Quantitative Comparison Between Chemical Dosing and Eletrocoagulation. Colloids and surfaces: Physico Chemicals Engineering Aspects. n. 211, p. 233-248, 2002.
- HOLT, Peter K.; BARTON, Geoffrey W.; MITCHELL, Cynthia A.; The future for electrocoagulation as a localized water treatment technology. Chemosphere. V. 59. P. 355 – 367. 2005.
- ILHAN, Fatih; KURT, Ugur; APAYDIN, Omer; GONULLU, M. T.; Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes. Journal of Hazardous Materials. V 154. P. 381 – 389. 2007.
- MERMA, Antonio G.; Eletrocoagulação aplicada a meios aquosos contendo óleo. Dissertação de Mestrado. PUC-RJ. 2008.
- RAJKUMAR, D.; PALANIVELU, K.. Electrochemical treatment of industrial wastewater. Journal Of Hazardous Materials, v. 113, n. 1-3, p. 123-129, set. 2004. Elsevier BV.
- SHOKRI, Aref; FARD, Mahdi Sanavi. A critical review in electrocoagulation technology applied for oil removal in industrial wastewater. Chemosphere, Dezful, v. 288, n. 132355, p. 01-16, 25 set. 2021.

Capítulo 4



10.37423/241009373

TRABALHANDO ANÁLISE COMBINATÓRIA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O JOGO DA MEGA-SENA

Silvio Luiz Gomes de Amorim

Universidade Federal de Ouro Preto

Ladislene Amorim Rocha Cunha

Universidade Federal de Ouro Preto



Resumo: Trabalhar análise combinatória com alunos do Ensino Médio requer a facilitação dos conhecimentos utilizando exemplos práticos do dia a dia. A Mega-Sena é um jogo da Caixa Econômica Federal e que está embasada em fórmulas e conceitos de análise combinatória. Dessa forma, este estudo tem como objetivos apresentar explicações, conceitos e exercícios que podem ser trabalhados com alunos do Ensino Médio, para o aprendizado de análise combinatória, envolvendo espaço amostral, fatorial, combinação simples, operações básicas da matemática, além de mostrar a construção de tabelas e gráficos. Como referencial teórico trazemos D'Ambrosio, o qual mostra que o conhecimento produzido serve para responder a situações matemáticas onde se requer a observação de facilitações que contemplem o ambiente familiar, a sociedade e as percepções dos alunos. A abordagem metodológica contempla a construção do conhecimento matemático elaborado por conceitos, situações-problemas, resolução de exercícios e análise de resultados obtidos. Como conclusões, observa-se que o potencial de explorar os conhecimentos matemáticos através de instrumentos do cotidiano pode facilitar a aprendizagem e o desenvolvimento do raciocínio intuitivo, resultando na produção, debate e divulgação de conhecimentos entre os alunos, tornando-os sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Análise combinatória; Mega-Sena; Facilitação de conhecimento.

Eixo: 05 – Resolução de Problemas, Modelagem Matemática, Investigações Matemáticas e outras Tendências em Educação Matemática

Modalidade: Comunicação Científica

Categoria: Professores da Educação Básica Anos Finais e Ensino Médio

INTRODUÇÃO

Quando se trabalha um conteúdo matemático com seus alunos, os professores de matemática devem ter em mente as facilidades e dificuldades que apresentam cada um dos discentes no que se refere à visualização e compreensão de tópicos abordados. Reduzir os óbices é necessário para que a percepção e o entendimento sejam facilitados, o que contribui para a absorção dos saberes e para o debate acerca de questões propostas. No caso da análise combinatória é preciso trabalhar os conteúdos com exemplos mais simples, que estejam presentes na realidade dos alunos ou da comunidade na qual estão inseridos.

D'Ambrosio (2014) traz que a evolução dos povos cria mecanismos de compreensão, análise e difusão de conhecimentos nas sociedades, tornando-as capazes de desenvolverem técnicas e habilidades, sobretudo no que tange ao pensamento matemático. Segundo D'Ambrosio (2014)

Indivíduos e povos têm, ao longo de suas existências e ao longo da história, criado e desenvolvido instrumentos de reflexão, de observação, instrumentos teóricos e, associados a esses, técnicas, habilidades (teoria, *techné*, ticas) para explicar, entender, conhecer, aprender (*matema*), para saber e fazer como resposta a necessidades de sobrevivência e de transcendência, em ambientes naturais, sociais e culturais (*etnos*) os mais diversos (D'Ambrosio, 2014, p. 24).

Criar mecanismos que facilitem a compreensão de conteúdos matemáticos é uma tarefa preponderante na didática dos professores de matemática. Muitas das vezes, decorar fórmulas não satisfaz a compreensão da disciplina e dos anseios que os alunos têm em entender e aplicar os conhecimentos adquiridos em salas de aula. Assim, trazer elementos do cotidiano e da realidade dos alunos poderá potencializar o entendimento, a compreensão e a aplicação de conteúdos teóricos, transformando-os em experimentos práticos.

D'Ambrosio (1999) já chamava a atenção para o fato de que

Cada indivíduo deve receber da educação elementos e estímulo para levar ao máximo a sua criatividade e, ao mesmo tempo, integrar-se numa ação comum, subordinada aos preceitos e normas criados e aprimorados ao longo da história do grupo cultural ao qual ele pertence, isto é, da sociedade (D'Ambrosio, 1999, p. 108).

Trabalhar conteúdos matemáticos de forma lúdica, através de jogos ou de elementos do cotidiano, que os envolva, pode ser um caminho mais facilitador para os professores de matemática durante as suas práticas docentes em salas de aula. E um desses jogos é a loteria da Caixa Econômica Federal que é intitulada *Mega-Sena*.

O jogo da Mega-Sena é uma das modalidades de jogos da Caixa Econômica Federal e é de conhecimento corrente, pois volta e meia é apresentada alguma notícia sobre essa modalidade nos meios midiáticos. Esse jogo envolve conteúdos de análise combinatória, podendo ser apresentado e trabalhado através de atividades exploratórias com alunos do Ensino Médio. O perfil desses alunos é mais adequado tendo em vista que a análise combinatória é comumente trabalhada com alunos na grade curricular do Ensino Médio. Assim, os professores de matemática podem propor atividades utilizando a Mega-Sena para explorar os conteúdos de análise combinatória.

APRESENTANDO O JOGO DA MEGA-SENA

Esta modalidade de jogo é composta por uma grade com 60 (sessenta) dezenas, indo da 01 até a 60, onde toda linha começa por um número de final 1 (um) e termina com outro número, de final 0 (zero). A figura 1, a seguir, mostra como a grade se apresenta.

Figura 1 – Grade da Mega-Sena

[01]	[02]	[03]	[04]	[05]	[06]	[07]	[08]	[09]	[10]
[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]
[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]	[30]
[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]	[37]	[38]	[39]	[40]
[41]	[42]	[43]	[44]	[45]	[46]	[47]	[48]	[49]	[50]
[51]	[52]	[53]	[54]	[55]	[56]	[57]	[58]	[59]	[60]

Fonte: Arquivo dos autores, 2024.

APRESENTANDO E TRABALHANDO TÓPICOS DE ANÁLISE COMBINATÓRIA

A análise combinatória é uma forma de se trabalhar com sequência de números, agrupados sobre determinadas condições. Para Cataldo (2013)

Dentro da análise combinatória, o professor de matemática pode apresentar e trabalhar com seus alunos conceitos e exercícios de fatorial, além de combinações simples, tabelas e gráficos em excel atrelados a elas. Esses tópicos são apresentados a seguir.

FATORIAL

É um número natural disposto em uma sequência decrescente de multiplicação de seus antecessores até se chegar ao número 1 (um). Geralmente, representa-se o fatorial de um número pela letra “n” seguida por um ponto de exclamação (n!). Sua fórmula é dada por: $n! = n (n-1)(n-2)...(n - (n-1))!$ No caso do fatorial de 0 (zero) e de 1 (um) o mesmo resultado é obtido. Sendo assim, $0! = 1! = 1$. Para os demais números, segue-se a orientação da descrição. Como exemplos, $2! = 2 \times 1 = 2$; $3! = 3 \times 2 \times 1 = 6$; $4! = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$.

COMBINAÇÕES SIMPLES

Pensando-se num conjunto, por exemplo o conjunto S, e considerando-se que o mesmo é composto por diferentes elementos. Cada subconjunto do conjunto S, composto por uma certa quantidade de elementos, diferentes entre si, é chamado de combinação desses elementos do subconjunto, considerada a sua quantidade. Exemplificando: considerando-se um conjunto composto por 5 (cinco) elementos e nominando-o por S, tem-se que: $S = \{0; 1; 2; 3; 4\}$. O subconjunto $\{0; 1; 2\}$ é uma combinação dos cinco elementos de S, apartados de três em três elementos. Já o subconjunto $\{0; 1; 2; 3\}$ é uma combinação dos cinco elementos de S, apartados de quatro em quatro elementos.

De uma forma literal, representando-se por $C_{n,p}$ o número de combinações simples dos n elementos apartados p a p , tem-se a fórmula: **$C_{n,p} = n!/(n-p)!p!$**

No caso do jogo da Mega-Sena, o número de elementos do conjunto é 60 (sessenta). Se apartados os elementos de 6 (seis) a 6 (seis) teremos a seguinte fórmula de combinação simples: **$C_{60,6} = 60!/(60-6)!6!$**

Fazendo-se os cálculos acima, pode-se chegar ao número de combinações simples para o jogo da Mega-Sena: **$C_{60,6} = 50.063.860$** . Este número representa o número total de combinações simples, considerando-se subconjuntos de 6 (seis) elementos.

Outra possibilidade que pode ser explorada pelos professores de matemática é pedir a seus alunos que calculem e montem uma tabela com a quantidade de combinações simples dos números que começam cada sequência de 6 (seis) elementos. Exemplificando: para se achar a quantidade total de combinações simples dos números da Mega-Sena que começam por 1 (um) deve-se utilizar a fórmula: $C_{59,5} = 5.006.386$. O interessante a ser notado é que quando se fixa um número para o começo dos subconjuntos, a fórmula é transformada apartando-se de 6 (seis) em 6 (seis) elementos sendo o

primeiro fixo e variando-se os 5 (cinco) outros elementos. Fazendo-se os cálculos, os alunos poderão montar a tabela 1, vista a seguir:

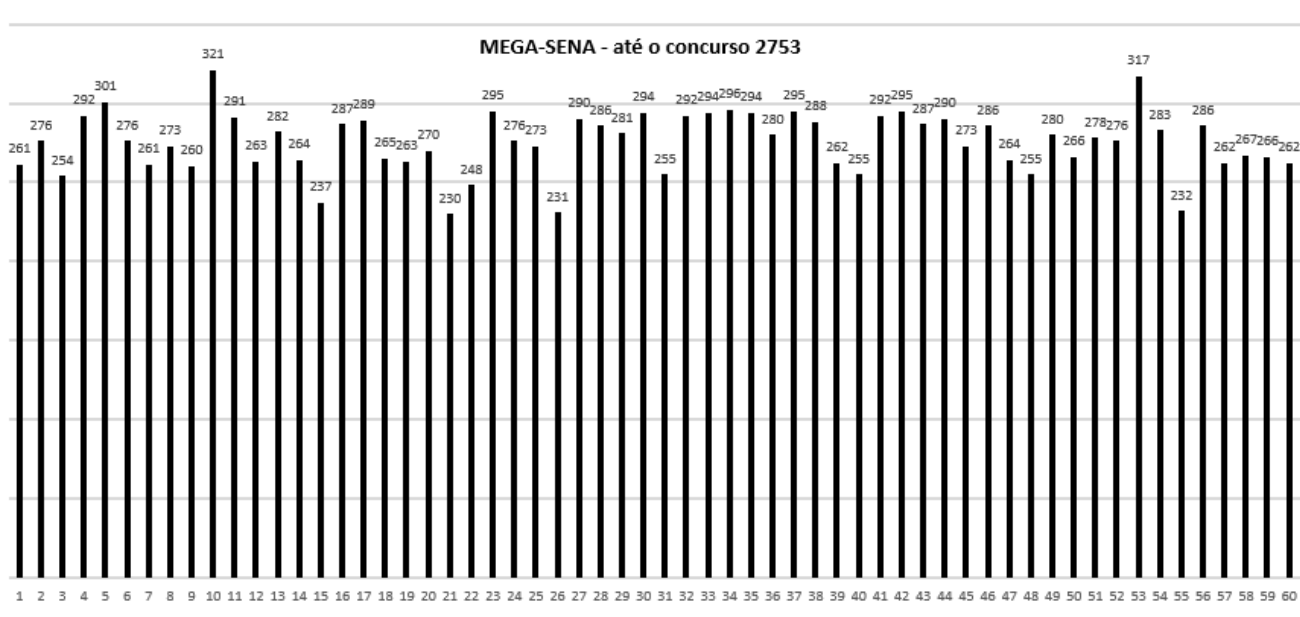
Tabela 1: Combinações simples começando-se por 1 (um) indo até a 55 (cinquenta e cinco)

01	$C_{30,5} = 5.006.386$	21	$C_{30,5} = 575.757$	41	$C_{10,5} = 11.628$
02	$C_{35,5} = 4.582.116$	22	$C_{35,5} = 501.942$	42	$C_{15,5} = 8.568$
03	$C_{37,5} = 4.187.106$	23	$C_{37,5} = 435.897$	43	$C_{17,5} = 6.188$
04	$C_{36,5} = 3.819.816$	24	$C_{36,5} = 376.992$	44	$C_{16,5} = 4.368$
05	$C_{33,5} = 3.478.761$	25	$C_{33,5} = 324.632$	45	$C_{13,5} = 3.003$
06	$C_{34,5} = 3.162.510$	26	$C_{34,5} = 278.256$	46	$C_{14,5} = 2.002$
07	$C_{33,5} = 2.869.685$	27	$C_{33,5} = 237.336$	47	$C_{13,5} = 1.287$
08	$C_{32,5} = 2.598.960$	28	$C_{32,5} = 201.376$	48	$C_{12,5} = 792$
09	$C_{31,5} = 2.349.060$	29	$C_{31,5} = 169.911$	49	$C_{11,5} = 462$
10	$C_{30,5} = 2.118.760$	30	$C_{30,5} = 142.506$	50	$C_{10,5} = 252$
11	$C_{40,5} = 1.906.884$	31	$C_{20,5} = 118.755$	51	$C_{0,5} = 126$
12	$C_{45,5} = 1.712.304$	32	$C_{25,5} = 98.280$	52	$C_{5,5} = 56$
13	$C_{47,5} = 1.533.939$	33	$C_{27,5} = 80.730$	53	$C_{7,5} = 21$
14	$C_{46,5} = 1.370.754$	34	$C_{26,5} = 65.780$	54	$C_{6,5} = 6$
15	$C_{43,5} = 1.221.759$	35	$C_{23,5} = 53.130$	55	$C_{3,5} = 1$
16	$C_{44,5} = 1.086.008$	36	XXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXXXXXXXX
17	$C_{43,5} = 962.598$	37	XXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXXXXXXXX
18	$C_{42,5} = 850.668$	38	XXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXXXXXXXX
19	$C_{41,5} = 749.398$	39	XXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXXXXXXXX
20	$C_{40,5} = 658.008$	40	XXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXXXXXXXX

Fonte: Arquivo dos autores, 2024.

Os alunos podem esclarecer ao professor de matemática que, após montarem a tabela anterior, a única combinação simples que resulta em apenas 1 (uma) sequência de 6 (seis) dezenas é a que ocorre quando se considera a dezena inicial 55 (cinquenta e cinco), pois representaria a seguinte sequência de 60 (sessenta) elementos apartados de 6 (seis) em 6 (seis): 55-56-57-58-59-60.

Os professores de matemática também podem pedir a seus alunos que construam uma tabela em formato excel e um gráfico atrelado a ela para que se possa visualizar o comportamento de cada dezena ao longo dos sorteios da Mega-Sena. Caso se disponha do conjunto de dados completo e considerando-se já terem ocorridos 2.753 (dois mil setecentos e cinquenta e três) sorteios de 6 (seis) dezenas dentre as 60 (sessenta) existentes o gráfico ficaria montado conforme a figura 2, a seguir.

Figura 2 – Gráfico da Mega-Sena com a quantidade em que cada dezena foi sorteada

Fonte: Arquivo dos autores, 2024.

Diante desse gráfico, os alunos podem esclarecer ao professor de matemática que embora a probabilidade de que cada número saia em um determinado sorteio é a mesma para todas as 60 (sessenta) dezenas o que se nota é que há uma variação entre a quantidade de vezes que cada dezena sai em um determinado sorteio. Sendo assim, pode-se observar que as dezenas 10 (dez) e a 53 (cinquenta e três) saíram mais vezes do que as demais.

OUTRAS PESQUISAS

Na busca por outros trabalhos acadêmicos que relacionassem a Mega-Sena e o ensino de análise combinatória, foram utilizados os termos “a Mega-Sena e o ensino de análise combinatória”, tendo como plataforma base o *Google Acadêmico*. Como resultados, foram apresentados em torno de 200 (duzentos) trabalhos acadêmicos. Aplicando-se o filtro e selecionando as pesquisas dos últimos 4 (quatro) anos, que focassem somente na modalidade de jogo denominada “Mega-Sena” e “Análise Combinatória” houve um retorno de 53 (cinquenta e três) trabalhos. Ainda fazendo um aprofundamento nos resultados e buscando-se somente os que apresentavam os temas referidos anteriormente, excluindo-se os trabalhos que não focassem diretamente na Mega-Sena e na Análise Combinatória, foram selecionados 5 (cinco) trabalhos. Estes trabalhos são apresentados na tabela 2, a seguir.

Tabela 2: Trabalhos acadêmicos relacionando “Mega-Sena” e “Análise Combinatória”

Ano da publicação	Título	Instituição do(s) autor(es)
2023	Combinando: um material para ensino de análise combinatória a estudantes cegos	UFTPR
2023	Ensino de análise combinatória e probabilidade usando jogos de azar	UFRN
2023	Ganhar na Mega-Sena: o que a Matemática tem a dizer!	UESB
2023	Uma proposta de metodologia de ensino do Problema de Monty Hall e Teorema de Bayes para os professores da educação básica	UFSC
2024	Análise combinatória: uma abordagem com base em questões do ENEM	UNB

Fonte: Arquivo dos autores, 2024

Maia (2023) relaciona a Mega-Sena e a análise combinatória trazendo um exemplo contrário, ou seja, de não se acertar uma determinada quantidade de dezenas. Exemplifica mostrando que sendo jogadas 6 (seis) dezenas quaisquer, dentre as 60 (sessenta) possíveis, que a probabilidade de não se acertar nenhuma das 6 (seis) dezenas jogadas é de C_{654} , o que resulta em 0,5158, aproximadamente. Ou seja, a probabilidade de se errar 6 (seis) dezenas apostadas num espaço amostral de 60 (sessenta) possíveis é de aproximadamente 51,58%.

Basniak e Dombrowski (2023) argumentam que a análise combinatória é importante para que os alunos possam solucionar e compreender exercícios que envolvem o princípio de contagem e que a Mega-Sena pode ser utilizada como referência para cálculos de apostas e possibilidades, envolvendo análise combinatória. Também inferem que *“As questões relacionadas à Análise Combinatória estão ligeiramente associadas a um evento, mais especificamente a quantas maneiras distintas um determinado evento pode ocorrer”*.

Oliveira, Brito e Mendes (2023) trazem, inicialmente, que:

O ensino de estatística e probabilidade desempenha um papel fundamental na formação dos estudantes e é respaldado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no Brasil. A compreensão desses conceitos não apenas proporciona uma base sólida para o raciocínio lógico e a tomada de decisões, mas se constitui essencial para a análise crítica de informações e a compreensão do nosso mundo (Oliveira; Brito; Mendes, 2023, p. 1).

Nesse contexto, os autores trazem a importância do estudo de estatística e probabilidade, segmentados na BNCC, como uma possibilidade de formação crítica dos alunos e compreensão ampliada da realidade vivida no mundo.

Roza (2023) também traz apontamentos acerca do ensino de análise combinatória inserida na Base Nacional Comum Curricular. Segundo o autor, a BNCC cita a habilidade que os alunos do Ensino Médio devem ter para “(EM13MAT106) Identificar situações da vida cotidiana nas quais seja necessário fazer escolhas levando-se em conta os riscos probabilísticos”. O autor menciona, por exemplo,

[...] a probabilidade é trabalhada em situações mais complexas tais como determinar quantos são todos os resultados possíveis de um jogo tal como, a mega sena e consequentemente, qual a probabilidade que algum apostador tem de ganhar a sena, a quina ou a quadra com determinada quantidade de apostas que efetuou (Roza, 2023, p. 22).

As faixas de premiação na Mega-Sena ocorrem com 6 (seis) acertos (chamada *sena*), 5 (cinco) acertos (chamada *quina*) ou com 4 (quatro) acertos (chamada *quadra*).

Silva (2024) traz em seu trabalho a descrição de tópicos de análise combinatória. Mostra que

[...] quando trata-se de combinações simples de n elementos tomados p a p , tem-se agrupamentos de p elementos, tomados dentre os n elementos disponíveis, que diferem entre si apenas pela natureza dos elementos, isto é, importa somente quem participa do grupo. Dessa forma, a mudança de ordem dos p elementos não altera o agrupamento (Silva, 2024, p. 29).

Silva (2024) mostra, assim, que no cálculo de combinações simples não importa a ordem em que os elementos trabalhos estão, pois quando se muda a ordem dos elementos nos apartados não se altera o agrupamento em si. Demonstra, também, através de um exercício (exemplo 28) que no caso da Mega-Sena o número de combinações possíveis para as 60 (sessenta) dezenas, apartadas de 6 (seis) em 6 (seis), dá um total de 50.063.860.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhar elementos de análise combinatória requer dos professores uma adequação dos conteúdos programáticos a situações do cotidiano, onde os alunos possam traçar similaridades com suas vivências, experiências e expectativas.

No caso específico apresentado neste trabalho, procuramos mostrar como a utilização da Mega-Sena para o ensino e a aprendizagem de conteúdos de análise combinatória poderá servir de base às aulas de professores de matemática trabalhando com alunos do Ensino Médio.

Mais do que utilizar fórmulas e, às vezes, até decorá-las, deve-se mostrar aos alunos exemplos do cotidiano para que eles possam produzir inferências, debates e conclusões acerca do conteúdo programático que trabalharam em sala de aula.

Um outro ponto a ser observado é o de que embora a matemática pareça ser uma disciplina de difícil compreensão, em algumas partes dela, quando se trabalha conteúdos do cotidiano, dando explicações, esclarecimentos e subsídios complementares aos alunos, a oportunidade de explorarem as particularidades de um jogo e chegarem a conclusões sobre ele pode revelar facetas antes não percebidas. Isso também favorece o debate e a compreensão acerca de um novo tópico, contribuindo para uma maior visualização e conduta crítica.

REFERÊNCIAS

BASNIAK, M. I.; DOMBROWSKI, A. F. Combinando: um material para ensino de Análise Combinatória a estudantes cegos. ACTIO. Curitiba, v. 8, n. 1, p. 1-23, jan./abr. 2023.

CATALDO, J. C. Análise combinatória: a importância dos métodos de contagem – parte 1. Revista Eletrônica do Vestibular UERJ. Rio de Janeiro, UERJ, ano 6, n. 18, 2013.

D'AMBROSIO, U. Educação Matemática: Da teoria à prática, 23 ed., 3 reimp., Campinas, SP: Papirus, 2012.

D'AMBROSIO, U. Educação para uma sociedade em transição. Campinas: Papirus, 1999.

MAIA, B. L. M. Ensino de análise combinatória e probabilidade usando jogos de azar. 2023. Dissertação de Mestrado, 111p. UFRN, 2023.

OLIVEIRA, A. A. O.; BRITO, E. C.; MENDES, T. S. Ganhar na Mega-Sena: o que a Matemática tem a dizer! XX Encontro Baiano de Educação Matemática – IX Fórum Baiano das Licenciaturas em Matemática. Paulo Afonso/BA, p. 1-8, ago. 2023.

ROZA, R. Uma proposta de metodologia de ensino do Problema de Monty Hall e Teorema de Bayes para os professores da educação básica. 2023. Dissertação de Mestrado, 95p. UFSC, 2023.

SILVA, I. B. A. Análise Combinatória: uma abordagem com base em questões do ENEM. 2024. Dissertação de Mestrado, 85p. Brasília, UNB, 2024.

Capítulo 5



10.37423/241009384

PROPOSTA DO PROJETO EEMI – DISPOSITIVO DE TREINAMENTO E IMPRESSORA BRAILLE: SOLUÇÕES PARA ENSINO, ESCRITA E IMPRESSÃO EM BRAILLE

Michell Thompson Ferreira Santiago

Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação

Lorena Bispo Macedo Dos Santos

Centro Territorial da Educação Profissional da Região Metropolitana CETEP RM

Jamilly Carias do Rozário

Camaçari
Centro Territorial da Educação Profissional da Região Metropolitana CETEP RM

Deyvid Santos Carvalho

Camaçari
Centro Territorial da Educação Profissional da Região Metropolitana CETEP RM

Breno Henrique Santana da Silva

Camaçari
Centro Territorial da Educação Profissional da Região Metropolitana CETEP RM

Jonathan de Jesus Silva

Camaçari
Centro Territorial da Educação Profissional da Região Metropolitana CETEP RM

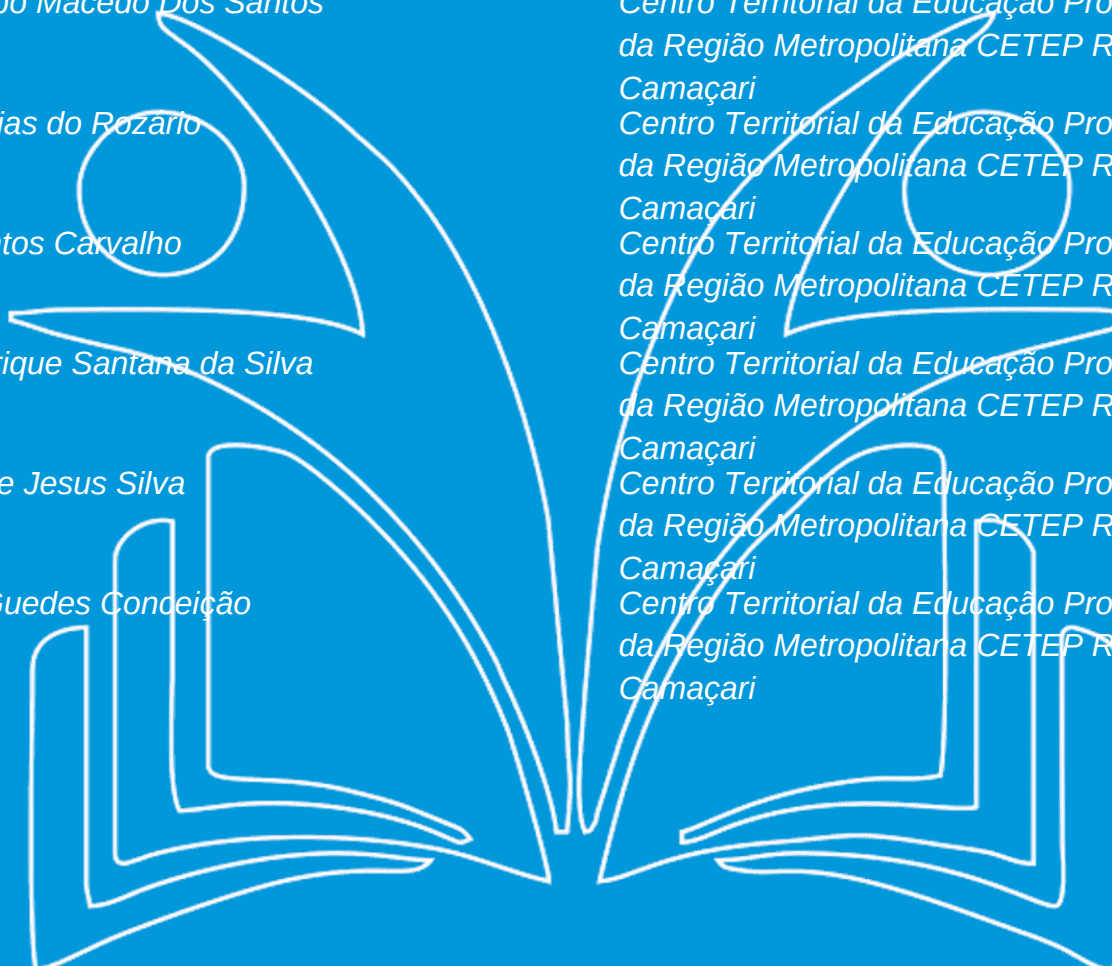
Elisabete Guedes Condeição

Camaçari
Centro Territorial da Educação Profissional da Região Metropolitana CETEP RM

Camaçari
Centro Territorial da Educação Profissional da Região Metropolitana CETEP RM

Camaçari
Centro Territorial da Educação Profissional da Região Metropolitana CETEP RM

Camaçari
Centro Territorial da Educação Profissional da Região Metropolitana CETEP RM



Resumo: Nos últimos anos, o número de pessoas com necessidades especiais, no que tange a deficiência visual, vem aumentando significativamente nos centros educacionais, porém, a taxa de alfabetização dessa parcela da população tem diminuído significativamente. Um dos principais fatores que contribuem para esse problema é a escassez de instrutores qualificados para alfabetizar pessoas em Braille e falta de recursos para a alfabetização e o aprendizado do sistema. Neste contexto atual, o presente trabalho propõe a construção do DTB (Dispositivo de Treinamento em Braille) e a impressora Braille, controlada pelo comando dado ao aplicativo EEMI. A partir do uso dessas tecnologias esperasse o aumento do número de pessoas alfabetizadas pelo sistema Braille e sua integração no contexto pedagógico.

Palavras-chave: Alfabetização Braille; Comando de voz; Impressora; Dispositivo tátil.

1. INTRODUÇÃO

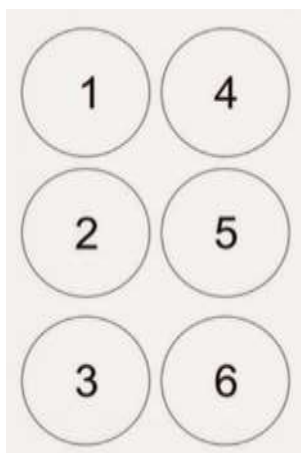
Inovações como impressão em braille e treinamento desempenham um papel crucial na educação de pessoas com deficiência visual, fornecendo acesso a materiais escritos e facilitando o aprendizado (alfabetização em braille). Trabalhos recentes, como dispositivos braille atualizáveis, revolucionaram esse processo, especialmente para crianças. Além disso, avanços na tecnologia de reconhecimento de fala permitiram a conversão de texto impresso em braille, fornecendo leitura mais rápida e acesso a uma ampla variedade de materiais.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ^[1] aponta que existem mais de 6,5 milhões de pessoas com deficiência no Brasil, sendo 500 mil cegas e 6 milhões com baixa visão. No entanto, o país enfrenta desafios significativos na alfabetização e no fornecimento de recursos acessíveis para essas pessoas. Uma vez que a leitura e a escrita ocupam um papel central na sociedade, sendo uma habilidade indispensável para ascender a níveis educacionais mais elevados ou mesmo para conseguir um emprego, é indispensável para a autonomia de uma pessoa com deficiência visual ser alfabetizada (AWANG DAMIT et al., 2014 ^[2] ; 3Toussaint, KA e Tiger, JH, 2010 ^[3]). É neste contexto que surge o projeto EEMI (*Ensino, Escrita e impressão*), com o objetivo de aproveitar as inovações tecnológicas para facilitar a aprendizagem e a comunicação de pessoas com deficiência visual.

O projeto EEMI busca desenvolver dois componentes principais: uma impressora Braille e um Braille Training Device (DTB). A impressora Braille será equipada com um aplicativo de reconhecimento de voz para dispositivos móveis, permitindo que os usuários ditem comandos e imprimam arquivos de texto diretamente, visando criar um ambiente de aprendizagem inclusivo onde pessoas com deficiência visual possam interagir com a tecnologia de forma intuitiva e eficiente.

E o DTB, que representará uma célula Braille (Figura 1), é uma tecnologia inovadora voltada para o ensino prático e inclusivo do braille. Usando reconhecimento de fala, o DTB converte comandos em representações braille de letras e números. Cada célula braille, composta por 6 pontos, permite 63 combinações possíveis e é ativada por micro servomotores que organizam os pontos dinamicamente. Isso facilita a compreensão e a prática do braille de forma interativa. Além disso, o DTB contará com um Módulo de Reconhecimento de Voz - V3 e um banco de dados integrado ao Arduino NANO para a tradução da fala para braille.

Figura 1. Célula Braille



Fonte: Santana, KC, Sarinho, VT, Pereira, CP (2020) ^[6]

Acredita-se que, por meio do fornecimento de ferramentas modernas e acessíveis, é possível melhorar significativamente a educação e a qualidade de vida das pessoas com deficiência visual, promovendo sua autonomia e inclusão social no Brasil.

1.1 OBJETIVO GERAL

Com o desenvolvimento destes dois componentes: a impressora Braille, que transcreve através de um aplicativo e imprime em braille, e a DTB pretendemos proporcionar um método de ensino prático e acessível para pessoas com deficiência visual, promovendo a priori sua inclusão no ambiente educacional.

1. 1.1.1 SISTEMA BRAILLE

O Sistema Braille representa uma inovação significativa que transformou a acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Criado no século XIX por Louis Braille, um jovem francês que perdeu a visão na infância, o sistema usa combinações de pontos em relevo para representar letras, números e vários símbolos, tornando possível ler e escrever pelo toque.

O Braille é organizado em células, cada uma composta por seis pontos dispostos em duas colunas de três pontos. As combinações desses pontos permitem a representação de letras, números, sinais de pontuação, símbolos matemáticos e musicais. A leitura é feita da esquerda para a direita, com os dedos deslizando sobre os pontos elevados, permitindo uma interpretação tátil da informação. Tem sido crucial para a alfabetização e inclusão social dessas pessoas, permitindo-lhes acesso à literatura, educação e maior independência.

CURIOSIDADES

- Louis Braille adaptou seu sistema para incluir notação musical, permitindo que músicos cegos lessem e escrevessem partituras.
- O dia 4 de janeiro, aniversário de Louis Braille, é comemorado como o Dia Mundial do Braille.
- A ONU reconhece o Braille como um meio essencial de comunicação, promovendo sua inclusão na educação e no acesso à informação.
- Ultimamente, ele tem sido aplicado em CDs, DVDs e *Blu-rays* como uma nova forma de leitura, com impressões em Braille nas etiquetas da mídia para facilitar a identificação do conteúdo.

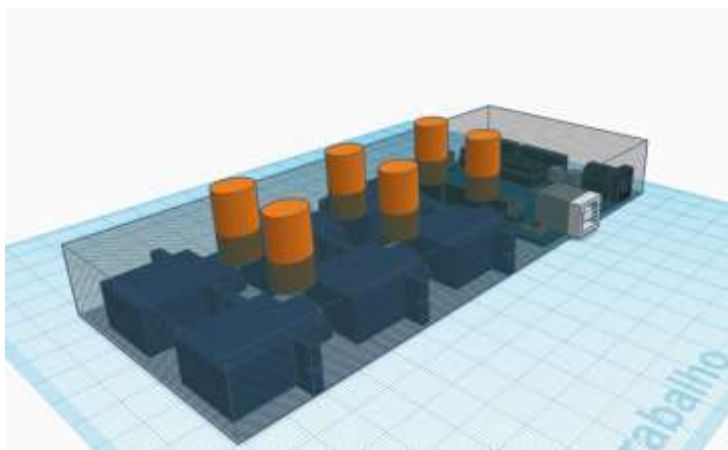
2. METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois os conhecimentos adquiridos foram utilizados para realizar aplicações práticas visando à resolução de problemas concretos, adotando também uma abordagem qualitativa, baseada em revisão bibliográfica e análise de dados bibliográficos (Google Acadêmico) pertinentes ao ensino e inclusão de pessoas com deficiência visual por meio das tecnologias Braille.

Para a construção do DTB (figura 2) utilizamos:

1. Arduino NANO;
2. Pinheiros físicos;
3. Placa de ensaio;
4. Micro servomotores;
5. Módulo de reconhecimento de voz - V3.

Figura 2. Projeto DTB



Fonte: Autoral (2024)

E para a Impressora Braille usamos como base uma impressora 3D (figura 3), que limpamos, reformamos e estamos programando para imprimir em Braille através do aplicativo que foi desenvolvido na linguagem Delphi.

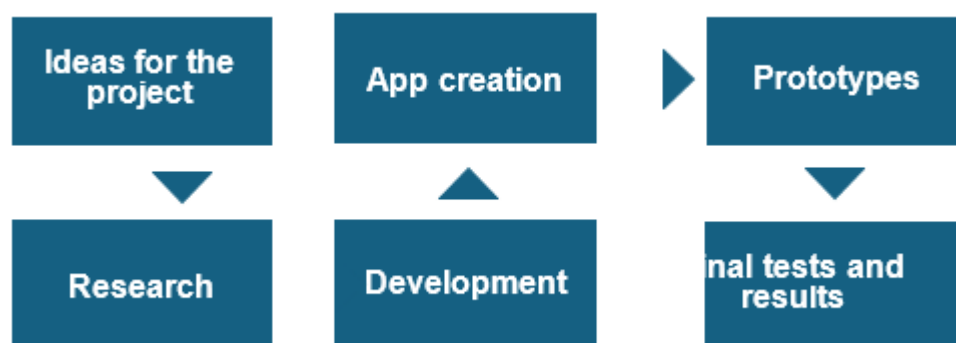
Figura 3. Impressora 3D



Fonte: Autoral (2024)

A seguir (figura 4) está o passo a passo resumido do que foi e do que está sendo feito:

Figura 4. Organograma 1. Processo



Fonte: Autoral (2024)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a efetividade da proposta, foi realizado um estudo experimental (que está em andamento) para avaliar o impacto do Dispositivo de Treinamento Braille (BDT) e da Impressora Braille no cotidiano de indivíduos com deficiência visual que estudam no Centro Territorial da Região Metropolitana –

CETEP RM Camaçari. A coleta de dados envolve pré-testes e pós-testes ao final do ano letivo de 2024, além de entrevistas com nossos participantes. Por fim, com o feedback obtido, poderemos analisar e identificar os pontos fortes e áreas de melhoria para comprovar a efetividade do projeto e propor uma escala maior para centros educacionais no Brasil e no mundo.

De antemão, é possível dizer que o uso da seção beneficiou os alunos que estão participando do experimento, suas respostas e escritos tiveram um aumento significativo, permitindo que eles acompanhassem a aula sem comprometer o aprendizado dos demais colegas. Segundo os professores participantes do estudo, a motivação dos alunos aumentou significativamente e houve redução de faltas às aulas, algo que costumava acontecer muito devido à dificuldade e desconforto sentidos ao se sentirem diferentes ou como um fardo para o progresso acadêmico dos colegas.

Quanto aos dispositivos, sua construção contou com o auxílio de professores da Universidade Federal da Bahia, campus de Camaçari, para cortar as peças na máquina a laser, e auxiliar na programação do Arduino e do sensor de áudio. Os Servo motores são dispostos em 90°, facilitando a articulação dos pinos móveis para montagem do caractere em Braille.

4. CONCLUSÃO

Esta proposta representa um avanço significativo no campo da educação inclusiva para pessoas com deficiência visual. Usando o DTB e a impressora Braille, será possível oferecer uma abordagem interativa e acessível ao ensino de Braille. Esses dispositivos não apenas facilitam a alfabetização e o aprendizado de crianças e jovens, mas também promovem a inclusão social ao proporcionar maior autonomia, além de oferecer mais vagas para pessoas com essas necessidades especiais no ensino técnico.

A criação e inovação desses dispositivos destacam a importância de métodos educacionais que respondam às necessidades específicas de indivíduos com deficiência visual. No entanto, é crucial continuar investindo em pesquisa para avaliar e melhorar a eficácia dessas tecnologias, especialmente no que diz respeito ao feedback auditivo e tátil, capacidades de estudo independente e interfaces amigáveis ao usuário.

5. REFERÊNCIAS

- 1 CARPI, RF Dia Mundial do Braille 2023: O real acesso ao sistema no Brasil. Disponível em : <<https://jornalistainclusivo.com/dia-mundial-do-braille-2023-acesso-ao-unico-meio-de-alfabetizar-cegos-no-brasil/>>. Acesso em : 10 jul. 2024
- 2 DUARTE, Thiago Ribeiro. Transcrição e impressão braille no programa braille fácil. Coleção Caminhos e Saberes, Instituto Benjamin Constant, Rio de Janeiro, 2019.
- 3 UNIVALI-UNIVERSIDADE. IBGE aponta que mais de 6 milhões de pessoas têm deficiência visual no Brasil. Disponível em: <<https://www.univali.br/noticias/Paginas/ibge-aponta-que-mais-de-6-milhoes-de-pessoas-tem-deficiencia-visual-no-brasil.aspx>>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- 4AWANG DAMIT, Dayang Suhaida et al. Tradutor de código braille duplo: ferramenta de educação básica para crianças com deficiência visual. Em: 2014 CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE COMPUTADOR, COMUNICAÇÕES E TECNOLOGIA DE CONTROLE (I4CT) 2014, Langkawi. Anais... Langkawi: IEEE, 2014. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6914213> .
- 5 Toussaint, KA e Tiger, JH (2010), ENSINANDO HABILIDADES PRECOCES DE ALFABETIZAÇÃO EM BRAILLE DENTRO DE UM PARADIGMA DE EQUIVALÊNCIA DE ESTÍMULO PARA CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIAS VISUAIS DEGENERATIVAS . Journal of Applied Behavior Analysis, 43: 181-194. <https://doi.org/10.1901/jaba.2010.43-181>
- 6 Santana, KC, Sarinho , VT, Pereira, CP (2020). The Braille Typist: Uma proposta de jogo sério para treinamento em máquina de escrever Braille. In: Nunes, NJ, Ma, L., Wang, M., Correia, N., Pan, Z. (eds) Entertainment Computing – ICEC 2020. ICEC 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12523. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65736-9_9.

Capítulo 6



10.37423/241009385

PROPOSTA PROCARE – PROJETO DE CAPTAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE EFLUENTES

Michell Thompson Ferreira Santiago

Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação

Gabriel da Silva Gomes da Cunha

*Centro Territorial da Educação Profissional
da Região Metropolitana CETEP RM
Camaçari*

Felipe Ferreira Carneiro Silva

*Centro Territorial da Educação Profissional
da Região Metropolitana CETEP RM
Camaçari*

Danilo Minas Novas Bonati

*Centro Territorial da Educação Profissional
da Região Metropolitana CETEP RM
Camaçari*

André Santos Rodrigues

*Centro Territorial da Educação Profissional
da Região Metropolitana CETEP RM
Camaçari*

Diely Lays de Jesus Santos

*Centro Territorial da Educação Profissional
da Região Metropolitana CETEP RM
Camaçari*

Levi da Silva dos Santos

*Centro Territorial da Educação Profissional
da Região Metropolitana CETEP RM
Camaçari*

Ana Luiza Cajazeira Santana

*Centro Territorial da Educação Profissional
da Região Metropolitana CETEP RM
Camaçari*

Evelyn Santos de Oliveira

*Centro Territorial da Educação Profissional
da Região Metropolitana CETEP RM
Camaçari*

Elisabete Guedes Conceição

*Centro Territorial da Educação Profissional
da Região Metropolitana CETEP RM
Camaçari*

Resumo: O "Projeto de Captação e Reuso de efluentes" intitulado PROCARE consiste em um tanque de armazenamento equipado com sensores que captam sinais informando a qualidade e quantidade da água armazenada. O projeto divide-se em dois subgrupos: HARDWARE e SOFTWARE. O grupo SOFTWARE é responsável pela programação dos sensores e do site que disponibilizará todas as informações captadas. O grupo Hardware encarrega-se da construção de um protótipo do tanque e da instalação dos sensores, visando a melhor utilização dos recursos hídricos. O presente trabalho será construído por meio de revisão da literatura sobre o desenvolvimento de software e as pesquisas ao protótipo simplifica e amplia os modos de entendimento do nosso objetivo.

Palavras-chave: Captação; Modernização; Reutilização.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial vem afetando diretamente o meio ambiente, principalmente no que se refere aos rios e nascentes, uma vez que muitos já se encontram poluídos. Problemas ambientais como esses têm gerado discussões e pesquisas com o objetivo de solucionar, ou pelo menos diminuir as causas dessas tragédias (NOGUEIRA; RIBEIRO, 2019) ^[1].

Olívio e Ishiki (2014) consideram que o mau uso da água aliado à crescente demanda populacional tem reduzido consideravelmente as reservas hídricas em todo o planeta, inclusive no Brasil. Esse problema é mais grave na região Nordeste, caracterizada pela irregularidade das chuvas e temperaturas relativamente altas (RAMALHO, 2013) ^[2].

Como consequência, a água potável está se tornando cada vez mais escassa, e este não é um problema somente a nível comunitário, mas também global (FONTANA, et al., 2015) ^[3]. Isto causa diversos prejuízos à sociedade, pois afeta diretamente a qualidade de vida social (CAETANO; OLIVEIRA., 2016) ^[4].

Regiões que sofrem constantemente com a escassez de água, como áreas áridas e semiáridas, tornaram-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Os planejadores e entidades de gestão de recursos hídricos estão continuamente buscando novas fontes de recursos para suplementar a limitada disponibilidade de água ainda disponível (HESPANHOL, 2003) ^[5]. Com base neste cenário, a opção de utilizar águas residuais tratadas ou reúso de água tem sido muito importante em algumas regiões e pode ser uma das poucas alternativas de sobrevivência (LEON e CAVALLINI, 1996) ^[6].

Artigos de pesquisa discutem sistemas que monitoram a qualidade e a quantidade de água usada em casas IoT (Internet das Coisas) e sistemas embarcados. Esses sistemas visam abordar desafios como contaminação e desperdício de água.

Ao integrar sensores como pH, turbidez e temperatura, juntamente com dispositivos IoT como Arduino Uno e ESP 8266, é possível o monitoramento em tempo real da qualidade da água e hábitos de consumo em ambientes residenciais. Os dados coletados desses sensores são então analisados para estimar padrões de consumo de água, identificar níveis de contaminação e facilitar ações oportunas para utilizar o uso da água e garantir a qualidade segura da água potável.

Ao aproveitar a tecnologia para monitorar e gerenciar com eficiência os recursos hídricos, esses sistemas contribuem para práticas sustentáveis de gestão da água nos ambientes.

O projeto é resultado de uma tendência na construção civil, o Green Building, que busca basicamente incentivar construções mais verdes e sustentáveis, uma prática que busca o bem-estar social e ambiental.

Com o PROCARE, é possível definir o desenvolvimento de software como a criação de linguagens de programação e como elas podem ser integradas à Construção Verde, mostrando como podemos criar alternativas sustentáveis por meio da tecnologia, criando conexões e tornando-as mais produtivas e eficientes para o uso diário, principalmente dentro do ambiente escolar, onde estamos inseridos.

2. METODOLOGIA

Este trabalho será construído por meio de uma revisão bibliográfica sobre desenvolvimento de software e os papéis dos diferentes tipos de desenvolvedores, estudos de caso de empresas de tecnologia para exemplificar aplicações práticas de diferentes tipos de software, entrevistas semiestruturadas com desenvolvedores para entender suas práticas e desafios, questionários direcionados a profissionais de TI para coletar dados sobre o uso e classificação de software.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando HTML, foi programado um site para fornecer informações em tempo real sobre a qualidade e quantidade de água no tanque, utilizando sinais enviados por sensores de nível de água, boia, mini boia e sensor térmico e de umidade (DHT11). Esses elementos foram montados em um tanque doado pela instituição de ensino, e seus sinais foram configurados em um Arduino UNO com shields para conexão de um módulo Wi-Fi e Bluetooth.

O site foi desenvolvido em aproximadamente 5 dias no Centro Territorial de Educação Profissional da Região Metropolitana – CETEP-RM Camaçari (figura 1).

Figura 1 - desenvolvimento de site



Fonte: autoral (2024)

Para a seção de design do site (figura 2), foram criadas três abas, a saber:

- Início: Contém informações sobre o projeto e as medições dos sensores capturadas pelos sensores.
- Sobre nós: Contém informações sobre os desenvolvedores do projeto, neste caso, conta um pouco sobre cada aluno e seu desenvolvimento no projeto.
- Créditos: A terceira e última aba agradece aos parceiros que ajudaram com os custos e o desenvolvimento do projeto.

Figura 2 – Site



Fonte: autoral (2024)

Dentro da parte física do projeto, interagirão o controle de pH dos efluentes, temperatura, controle de nível e on/off para liberação de água (se liberada para uso) ou sua retenção (indicando no sistema os motivos para esta ação). Será carregado no sistema computacional um banco de dados com parâmetros mínimos de qualidade do efluente para sua utilização. Uma equipe de hardware será responsável por esta montagem no tanque.

Logo após, com o site finalizado, foram realizados testes de bancada com prototipagem eletrônica para testar a interação do hardware com o software. Com os resultados positivos dos testes, iniciou-se a montagem do protótipo no tanque e local reservados pela instituição.

Vários desafios foram enfrentados na montagem do protótipo. O primeiro foi com o tanque fornecido, que era feito de metal (figura 3), o que permitiu que ele oxidasse e enferrujasse, dificultando o controle e monitoramento da água. Outro problema identificado foi na construção da tomada de água no projeto. A instituição não possuía sistema de calhas na área verde, então o projeto teve que ser adaptado para um pequeno telhado localizado na lavanderia. Foi identificado que a instituição tinha pontos de melhoria em sua estrutura para adaptar o projeto de forma eficiente e posteriormente garantir segurança e qualidade no processo de reuso de seus efluentes.

Figura 3 - tambor de ferro doado pela instituição



Fonte: autoral (2024)

Como o projeto inicialmente era uma proposta modelada nas dependências do Centro Territorial Profissional da Região Metropolitana – CETEP RM Camaçari, foi possível instalar o tanque de ferro, sabendo que em breve ele precisaria ser substituído por um tanque de plástico.

Após a instalação do tanque, foi construída uma passagem de água até o local de plantio da instituição e os dados foram disponibilizados para a equipe que cuida da parte ambiental da plantação, para verificar a qualidade da água e seu impacto nos vegetais produzidos. Os dados coletados após essa verificação poderão ser utilizados em um novo estudo validando o projeto PROCARE e abrindo possibilidades de melhorias.

A integração do projeto de software e hardware foi testada simulando a entrada de efluentes de diferentes qualidades (água com diferentes níveis de pH e partículas) com o objetivo de verificar a entrada de programação no Arduino e a calibração dos módulos e sensores.

4. CONCLUSÃO

Com o projeto proposto, foi possível encontrar uma forma mais simplificada de aprendizado e entendimento, a partir de um projeto físico, onde podemos apresentar de forma mais clara uma proposta de projeto. Com o PROCARE, foi possível abrir portas para unir o mundo atual da tecnologia com os problemas que vivenciamos diariamente no ensino técnico profissionalizante, como problemas estruturais e readequações de projetos.

Foi possível analisar que ao fazer o protótipo de um projeto, o indivíduo é inserido em um mundo novo e dinâmico que, aliás, é uma das maiores tendências para o futuro, tornando nossa apresentação mais fácil de entender para os espectadores.

Também foi entendido que a tecnologia sustentável não só contribui para o bem-estar do meio ambiente, mas também impulsiona a eficiência operacional das organizações. Um exemplo notável é a computação em nuvem, que permite acesso remoto e flexível, permitindo que os funcionários trabalhem de qualquer lugar.

Seguindo o tema geral proposto pela instituição, que criou uma sinergia entre tecnologia e meio ambiente, adaptamos a mecatrônica à preservação dos recursos naturais, evitando o desperdício desses recursos. Com o uso da tecnologia, buscamos integrar a preservação ambiental ao mundo atual.

Vivemos em uma era tecnológica, onde a internet dissemina informações e facilita a comunicação. Por meio do site proposto no projeto, obtemos maior controle sobre o desperdício e economizamos recursos hídricos na instituição, podendo ser adaptado para qualquer local público ou privado.

5. REFERÊNCIAS

- 1 NOGUEIRA, A.P; RIBEIRO, LPD Espectroscopia NIR : uma proposta sustentável para análise da qualidade do café sombreado do Maciço de Baturité , Ceará . Revista Educação Ambiental em Ação . 2019. Disponível em : <http://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=3805> . acesso em : 10 de agosto de 2024
- 2 RAMALHO , MFJL; Uma fragilidade ambiental do nordeste brasileiro : o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens . Sociedade e Território , Natal, v. 25, nº 2, EDIÇÃO ESPECIAL, p. 104-115, jul. / dez . 2013.revistas.unoeste.br. acesso em : 10 de agosto de 2024
- 3 FONTANA, RLM et al . Teorias demográfica e o crescimento . Ciências Humanas e Sociais . Unidade | Aracaju | v.2 | n.3 | pág. 113-124 | Março 2015 | periódicos.set.edu.br. acesso em : 10 de agosto de 2024
- 4 CAETANO, MB; OLIVEIRA, BWVS Captação e reutilização de água em escolas municipal e estadual de Ribeirão Preto-SP . ENGEMA encontro internacional sobre gestão empresarial em meio ambiente . ISSN: 2359-1048 dezembro 2016. Disponível em : <http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/243.pdf> . acesso em : 10 de agosto de 2024
- 5 HESPANHOL, I. Saúde público e reúso agrícola de esgotos e biossólidos . In: MANCUSO, CS A; SANTOS, HF (eds.) . Reúso de água . Barueri : Manole , 2003. p.97-123.
- 6 LEÃO, SG; CAVALLINI, JM Tratamento e uso de águas residuárias . Campina Grande: UFPB. 1996.

Capítulo 7



10.37423/241009387

SORBET DE CANISTEL SEM LACTOSE À BASE DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE CASTANHA DE BARU

Ana Clara Fraire Cardoso

Universidade Federal da Grande Dourados

Brenda Bitto Batistela

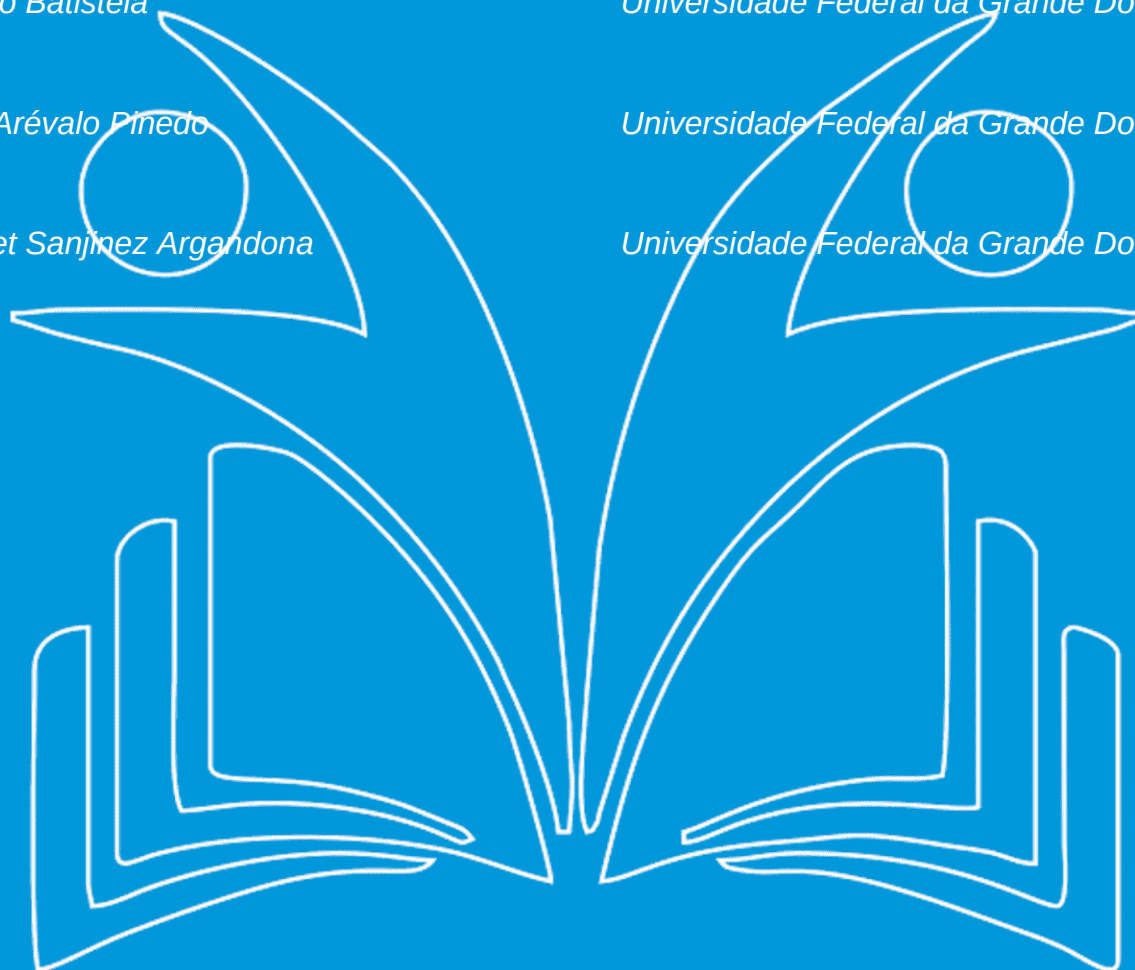
Universidade Federal da Grande Dourados

Rosalinda Arévalo Pinedo

Universidade Federal da Grande Dourados

Eliana Janet Sanjinez Argandona

Universidade Federal da Grande Dourados



Resumo: O aumento de intolerância à lactose abre nichos de mercado para a elaboração de novos produtos, visando atender estes consumidores. Este estudo teve por objetivo desenvolver um sorbet sem lactose a partir do extrato hidrossolúvel de castanha de baru (EHB) com adição de polpa de canistel, e avaliar as características químicas, físicas e sensoriais do produto. Foram desenvolvidas quatro formulações de sorbet com diferentes concentrações de EHB, polpa e sacarose. Entre as formulações não se observou variação significativa ($p>0,05$) nos atributos sensoriais avaliados. O teste de derretimento mostrou que o sorbet com maior concentração de EHB e menor concentração de polpa de canistel apresentou maior estabilidade e menor taxa de derretimento. A incorporação da polpa de canistel favoreceu à cremosidade e cor do produto, sendo considerados esses atributos sensorialmente aceitáveis. O EHB e a polpa de canistel constituem uma boa opção para o mercado de gelados comestíveis, por atender consumidores intolerantes à lactose e sem adição de gorduras.

Palavras-chave: *Dipiteryx alata*. *Poteleria campechiana*. Gelado comestível.

1. INTRODUÇÃO

A alergia alimentar é definida como um efeito adverso na saúde, decorrente de uma resposta imunológica específica que ocorre de forma reprodutiva após exposição a um certo alimento, um componente específico ou ingrediente. Atualmente, é um problema de saúde pública que afeta adultos e crianças¹, o que gera um nicho de mercado para a inserção de novos produtos, como a substituição de bebidas lácteas por bebidas com extrato hidrossolúvel de vegetais.

As bebidas vegetais têm sido utilizadas não somente por causa das alergias vinculadas a certos alimentos, mas também por questões de funcionalidade nutricional. Nos últimos anos tem-se observado grande procura da população por alimentos que conferem, além de suas funções básicas, efeitos benéficos à saúde². Assim, a elaboração de extratos hidrossolúveis de vegetais é uma alternativa para ser utilizada na substituição a produtos lácteos, por possuírem alto teor de proteínas e baixo custo de produção.

Extratos vegetais extraídos de arroz, quinoa e amendoim, possuem características benéficas à saúde humana na prevenção de doenças cardiovasculares, diminuição do colesterol, equilíbrio do metabolismo³, dentre outros. Sementes de gergelim têm sido empregadas na obtenção de extrato hidrossolúvel, apresentando maior valor nutritivo que o extrato hidrossolúvel de soja em função dos ácidos graxos, antioxidantes e fibra alimentar. Por outro lado, sementes e castanhas são ricas em ácidos graxos mono e poli-insaturados, proteínas, fibras, fitoesteróis, polifenóis, vitaminas e minerais⁴ e seus extratos possuem compostos que atuam também na prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes *mellitus* tipo 2, obesidade e alguns tipos de câncer⁵. De forma geral, proteínas de nozes e de sementes comestíveis atendem as necessidades de aminoácidos essenciais de crianças e adultos⁶.

Entre as castanhas encontradas no Brasil, a do Baru (*Dipteryx alata*) fruto nativo do Cerrado, apresenta alto teor de lipídios e proteínas, além de diversos aminoácidos como a histidina, leucina, isoleucina, valina; ácidos graxos como o palmítico, oleico, linoleico e minerais como cálcio, ferro, zinco e potássio⁷ sendo excelente matéria prima para a obtenção de extrato hidrossolúvel, no entanto em função da cor amarelada, existe a necessidade da adição de pigmentos ou polpas de frutas ao EHB poderá ser necessária.

Recentemente, tem aumentado o interesse por novas variedades de frutas, em função dos consumidores que buscam por novidades e comidas *gourmet*. Porém, a maioria das frutas exóticas são pouco aceitas, principalmente pelo desconhecimento, em um contexto geral⁸. Dentre essas frutas

pouco conhecidas, tem-se o canistel (*Pouteria campechiana*), fruto nativo da América Tropical⁹, que possui polpa de cor amarelo-laranja e gosto doce.

Geralmente consumido como acompanhamento de comidas salgadas, e também como sobremesa, na forma de batidas ou cremes. Pela estabilidade da cor, a polpa pode ser incorporada na fabricação de gelados comestíveis¹⁰, como por exemplo, na elaboração de sorbets, que são produtos elaborados basicamente com polpa de frutas e açúcares, podendo ser adicionado de outros ingredientes¹¹.

Diante do exposto e da necessidade de produtos alimentícios diferenciados para indivíduos intolerantes a alguma substância, buscou-se, com este trabalho, elaborar um gelado comestível tipo sorbet sem lactose à base de extrato hidrossolúvel de castanha de baru e sabor de canistel, além de avaliar suas características físicas, químicas e sua aceitação sensorial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

Foram utilizados frutos maduros de baru (*Dipiteryx alata*) e de canistel (*Poteleria campechiana*) provenientes de Campo Grande/MS e Santa Isabel do Ivaí/PR, respectivamente. Emulsificante (EMUSTAB, duas rodas®), espessante (Super liga neutra, duas rodas®) e a sacarose foi adquirida no comércio local. Para as análises químicas foram adquiridos reagentes químicos com grau analítico P.A.

2.2 MÉTODOS

A elaboração do sorbet e as análises físicas, químicas e sensoriais foram realizadas nos Laboratórios do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

2.2.1 OBTENÇÃO DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL

Para a obtenção do extrato hidrossolúvel, inicialmente foram extraídas as castanhas de baru em prensa hidráulica (MARCON-MPH15), logo foram sanitizadas com água potável e solução de dicloroisociarunato de sódio dihidratado 0,66% (teor de cloro ativo 3%). Posteriormente foram imersas em água a 98° C por 10 minutos para retirada da pele. As castanhas foram desidratadas em estufa de circulação de ar a 180°C, por 20 minutos. Depois disso, o extrato hidrossolúvel da castanha de baru (EHB), foi obtido conforme metodologia descrita por D'Oliveira¹², com adaptações. As castanhas foram trituradas em *cutter* (LUXOR) por 3 minutos, logo misturadas com água em ebulição a 100° C (200 g de amêndoas trituradas/800 ml de água) em liquidificador, por 5 minutos. O extrato

obtido foi filtrado em peneira de abertura aproximada 0,5 cm, obtendo-se o EHB. O EHB foi pasteurizado a 65°C/30 minutos, resfriado e armazenado a 6±1°C até o momento de uso (Figura 1).

Figura 1 - Etapas da elaboração do extrato hidrossolúvel da castanha de baru.



Fonte: Adaptado de D' Oliveira¹¹.

2.2.2 OBTENÇÃO DA POLPA DE CANISTEL

Os frutos de canistel foram lavados em água corrente e sanitizados com solução de dicloroisociarunato de sódio dii-hidratado 0,66% (teor de cloro ativo 3%). Descascados e despulpados manualmente. A polpa foi armazenada em embalagens de polietileno e congelada a -18° C até o momento de utilização.

2.2.3.FORMULAÇÕES E PROCESSAMENTO DO SORBET

Com base em testes preliminares, foram estabelecidas quatro formulações de sorbet (Tabela 1), com diferentes percentuais de EHB, sacarose e polpa de canistel mantendo-se constante a quantidade de espessante (1%) e emulsificante (1%). O sorbet foi elaborado pela mistura de ingredientes sólidos e líquidos. As etapas de processamento estão expostas na Figura 2.

Tabela 1 - Formulações de sorbet de canistel sem lactose à base de extrato hidrossolúvel de castanha de baru.

Formulação	Ingredientes variáveis (%)			Ingredientes fixos (%)	
	Extrato	Sacarose	Polpa	Espessante	Emulsificante
F1	43	5	50	1	1
F2	60	5	33	1	1
F3	43	10	45	1	1
F4	60	10	28	1	1

Fonte: os autores.

2.2.4. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Foram realizadas, na polpa de canistel, a composição nutricional constituída das determinações de umidade, minerais, lipídios, proteínas, fibras, açúcares redutores e totais, de acordo com metodologias descritas nas normas analíticas do IAL13. A vitamina C foi determinada pela redução do DCFI14,15. O teor de carotenoides foi determinado de acordo com RODRIGUEZ-AMAYA16 e o cálculo de vitamina A seguindo as recomendações descritas na FAO/OMS17 onde 1 µg β-caroteno equivale a 0.167 µg RE (Equivalente Retinol).

A atividade de água, pH, acidez, sólidos solúveis também foram determinados13, bem como o teor de pectina18. O valor energético da polpa foi calculado utilizando os fatores de conversão 4kcal/g para carboidratos e proteínas, e 9kcal/g para lipídeos, utilizando os valores em base úmida. No EHB, realizaram-se as análises de pH, sólidos solúveis (°Brix) e acidez titulável13. No sorbet foram determinados o pH, sólidos solúveis, acidez, cor instrumental, overrum e teste de derretimento.

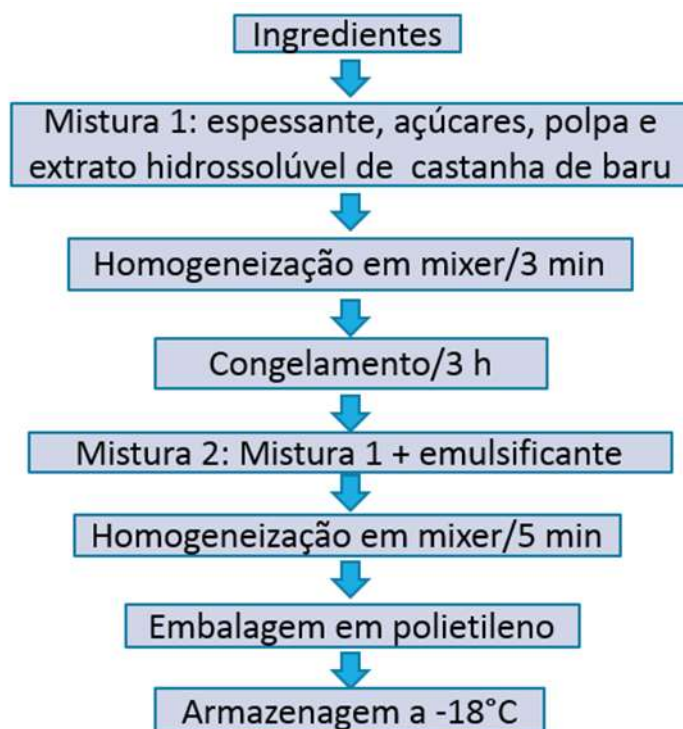
2.2.5. ANÁLISE DE COR INSTRUMENTAL

Foram determinados os parâmetros de cor L* que define a claridade (L*= 0 preto e L*=100 branco), a* (-a* verde e +a* vermelho) e b* (-b* azul e + b* amarelo). A partir desses resultados foi calculada a saturação (C*), que define a intensidade da cor da amostra (Equação 1). As determinações foram feitas por leitura direta, com seis repetições, utilizando-se colorímetro Konica Minolta (modelo CR410) a 25°C, no sistema de cores CIELAB19.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Equação 1

Figura 2 - Etapas do processamento para obtenção do sorbet.



Fonte: os autores.

2.2.6. OVERRUN

A análise do overrun foi realizada pela incorporação de ar no sorbet durante o processo de mistura após congelamento em freezer a -18 °C. Foram medidos o volume da base para produção de sorbet, o mix (V_i) e o volume do produto final (V_f). O overrun foi calculado conforme a Equação 220.

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{V_f - V_i}{V_i} \times 100$$

Equação 2

2.2.7. TESTE DE DERRETIMENTO

O teste foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Granger et al.²¹, com adaptações. Amostras de sorbet foram colocadas a -19±1°C por 60 minutos. Em seguida, cada amostra (40 mL) foi colocada em uma peneira de abertura aproximada 0,5 cm disposta sobre funil e proveta. A temperatura ambiente foi mantida a 27 °C e a massa de sorbet drenada foi registrada a cada 5 minutos. Com os dados obtidos plotou-se um gráfico do volume drenado em função do tempo. A regressão linear foi utilizada para determinar o tempo inicial de derretimento e a velocidade de derretimento, a partir da intersecção da reta com o eixo x e inclinação da reta, respectivamente.

2.2.8. AVALIAÇÃO SENSORIAL

Foram recrutados 48 julgadores não treinados para avaliar as amostras de sorbet. Realizou-se um teste combinado de aceitabilidade e preferência do sorbet, em cabines individuais, utilizando-se teste de escala hedônica de 9 pontos com os extremos 1 (desgostei muitíssimo) e 9 (gostei muitíssimo). Pediu para que os julgadores avaliassem os atributos cor, sabor, aroma, textura e aceitação global²². Na Figura 3 encontra-se o modelo de ficha sensorial aplicado na análise.

Figura 3 - Modelo de ficha sensorial do teste afetivo de aceitação

Nome: _____ Data: __/__/__ Sexo: ()Feminino ()Masculino					
Idade: ()<24 ()25-35 ()36-50 ()>50					
1. Você está recebendo quatro amostras codificadas de Sorbet de Canistel sem Lactose à Base de Extrato Hidrossolúvel de Castanha de Baru. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e indique o quanto você gostou ou desgostou em relação aos atributos AROMA, COR, TEXTURA, SABOR e ACEITAÇÃO GLOBAL, utilizando a escala de notas abaixo.					
Nº da Amostra	Aroma	Cor	Textura	Sabor	Aceitação Global
Comentários: _____					

Fonte: adaptado de DUTCOSKY²².

2.2.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos pelo valor médio das repetições e submetidos à análise da variância (ANOVA), comparando as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o Software STATISTICA versão 8.0²³.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1.CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE CASTANHA DE BARU

O extrato hidrossolúvel de castanha de baru (EHB) foi obtido da castanha previamente desidratada. Esta desidratação teve como finalidade reduzir carga microbiana, fatores antinutricionais, inativar enzimas e facilitar o processamento de extração. O EHB apresentou pH de $6,8 \pm 0,02$, próximo ao obtido por Oliveira²⁴, que foi de 6,49, o que demonstra um produto próximo da neutralidade.

Os sólidos solúveis (°Brix) do EHB foram $0,97 \pm 0,19$, embora o °Brix represente o teor de açúcares, no EHB esse valor também pode estar relacionado aos teores de ácidos e de sais solúveis e não necessariamente ao conteúdo de sacarose²⁵. No que se refere à acidez titulável, os valores obtidos ($0,01 \pm 0,00$ g ácido láctico/100g EHB) são concomitantes ao pH.

3.2. COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DA POLPA DE CANISTEL

Os resultados das análises da composição química da polpa de canistel, encontram-se na Tabela 2. A umidade da polpa pode ser considerada baixa em relação a outras frutas, porém, a atividade de água (0,900) ainda é elevada, o que exige o uso de técnicas adequadas para sua conservação. Destacam-se na polpa os teores de açúcares redutores e redutores totais, fibras e vitaminas C e A. O elevado conteúdo de açúcares e, conseqüentemente, de sólidos solúveis totais demonstram o gosto doce da fruta. Os teores de umidade e vitamina A foram semelhantes aos obtidos por Donadio et al.¹⁰.

Donadio et al.¹⁰, obtiveram 58 mg de vitamina C em 100g de polpa do fruto da mesma espécie, neste trabalho foi obtido 290,58 mg/100g de polpa (Tabela 2). A variação do teor de ácido ascórbico pode estar relacionada à região do plantio, qualidade do solo, clima e variedade da planta.

No que se refere ao teor de carotenoides, os valores obtidos foram próximos aos apresentados por Donadio et al.¹⁰, esses autores consideraram o fruto rico em caroteno, fonte de provitamina A, próximo ao de outras frutas, como a manga e acerola.

O pH do fruto o caracteriza como pouco ácido por apresentar $\text{pH} > 4,5$ sendo necessário maior controle no processamento devido à possibilidade de crescimento bacteriano. Em relação ao teor de pectina (2,57%) é considerado elevado se comparada a frutas que são consideradas ricas em pectina, como uva (0,81%), maçã (0,71%), bacuri (1,32%), dentre outras. A pectina está relacionada com a textura dos frutos e é um constituinte importante devido a sua propriedade funcional como geleificante e estabilizante²⁶.

Tabela 2 – Composição nutricional e Características físicas e químicas da polpa de Canistel

Análises	Composição nutricional	
	Valores experimentais	...et al. ^{9,10}
Umidade (g/100g)	$57,00 \pm 0,00$	49-60
Minerais (g/100g)	$0,0024 \pm 0,008$	0,90
Lipídeos (g/100g)	$2,56 \pm 1,39$	0,13
Proteínas (g/100g)	$3,23 \pm 0,27$	1,7
Fibras Insolúveis (g/100g)	$0,65 \pm 0,11$	0,1
Açúcares redutores (g/100g)	$17,40 \pm 1,97$	-
Açúcares redutores totais (g/100g)	$20,54 \pm 2,39$	36,7
Ácido Ascórbico (mg/100g)	$290,58 \pm 23,16$	58

Vitamina A (mg/100g)	53,26±4,18	59,2
Valor energético (kcal/100g)	170,96	138,8
Características físicas e químicas		
Atividade de água (adm)	0,900	-
pH (adm)	5,5	-
Sólidos solúveis (%)	38,9	-
Acidez titulável	0,49±0,04	-
Carotenoides (mg/100g)	22,90±1,63	20
Pectina (g/100g)	2,57±0,40	-
Parâmetros de cor: a*	27,37±0,22	
b*	74,35±1,61	
C*	79,24±1,49	

adm, adimensional.

Fonte: os autores e adaptada com valores encontrados na literatura^{9,10}.

A polpa de Canistel apresentou coloração amarelada, observada pelos maiores valores de b* e de C* (Figura 5), o que já era esperado, uma vez que o amarelo é a cor característica da fruta Canistel madura.

3.3.AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SORBET

Na elaboração das formulações do produto procurou-se reduzir ao máximo o teor de sacarose devido ao alto teor de açúcares da polpa de canistel, bem como, incorporar carotenoides, fornecer sabor da fruta e evitar o uso de gorduras pela incorporação tanto da polpa quanto do EHB.

Os resultados das análises físicas e químicas das quatro formulações de sorbet de canistel são apresentados na Tabela 3. O teor de sólidos solúveis dos produtos atendem a legislação vigente para sorbets, cujo valor mínimo é de 20% de sólidos solúveis e de 26% para sorvetes²⁷. O pH e a acidez foram influenciados pelo EHB (6,8 e 0,01±0,00g ácido láctico/100g, respectivamente) e pela polpa (5,5 e 0,49g ácido cítrico/100g, respectivamente).

Tabela 3 - Acidez, pH, sólidos solúveis das quatro formulações de sorbet de canistel à base de extrato hidrossolúvel de castanha de baru.

Análises	Sorbet			
	F1	F2	F3	F4
Sólidos solúveis (%)	33,50±0,50	25,33±0,58	33±1,51	39±0,0
pH	6,31±0,01	6,42±0,01	6,36±0,02	6,47±0,01
Acidez titulável (%)	0,22±0,01	0,19±0,005	0,23±0,009	0,20±0,009

Fonte: os autores.

A Figura 4 mostra o comportamento da velocidade de derretimento (mL/min) das quatro formulações de sorbet, analisado pelo volume drenado em função do tempo. A observação do processo de derretimento é extremamente importante na qualidade, tais como estabilidade da proteína e

aglomeração de gordura o que pode afetar a cremosidade e suavidade do produto. Durante o processo de derretimento a estrutura construída pela água congelada desaparece à medida que a água derrete e a massa do produto passa do estado firme, decorrente do congelamento, para o estado fluido. Quando a viscosidade do fluido diminui, as células de ar se movem para a superfície, dissipando-se na atmosfera, deixando a mistura em uma condição mais ou menos semelhante à aquela que tinha antes do congelamento (calda ou mix).

Os resultados obtidos neste estudo mostram que a formulação 4 (F4) apresentou menor velocidade de derretimento que as demais formulações. A quantidade de polpa de canistel influenciou no tempo de derretimento do sorbet. O aumento da concentração da polpa favoreceu à velocidade do derretimento, provavelmente em função do menor incremento de ar. Contudo, os valores obtidos encontram-se dentro do intervalo de tempo de derretimento considerado ideal para sorbet, que é de 10 a 15 minutos, quando realizado a temperatura ambiente²¹.

De acordo com Goff²⁷, a quantidade de ar incorporado influencia no corpo, textura e paladar. Em excesso pode fornecer uma mistura esponjosa com pouco sabor e, na ausência ou quantidade insuficiente pode produzir um sorbet liguento ou pesado.

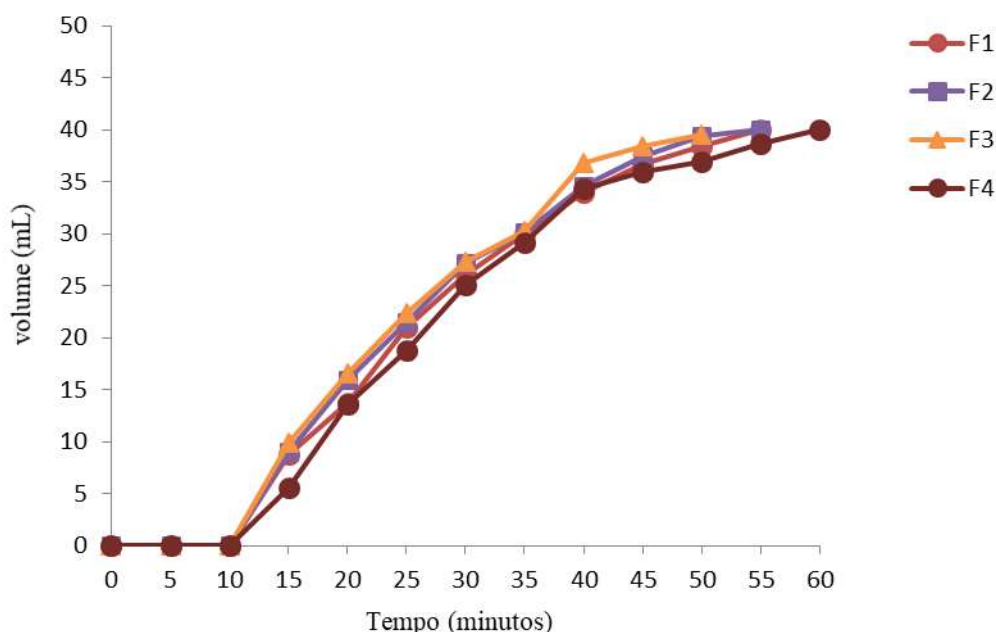
Os quatro sorbets obtidos neste estudo apresentaram porcentagem maior que o mínimo exigido pela legislação (10%), podendo ser superior a 50%²⁷. A quantidade de ar incorporada ao sorbet (*overrun*) foi maior nas formulações que apresentaram maior quantidade de sólidos solúveis (formulações 3 e 4), apresentando maior *overrun* (20%).

A regressão linear das cinéticas de volume drenado com o tempo (Figura 4) permitiram obter equações para o derretimento do sorbet e a partir destas, obteve-se o tempo inicial e a taxa de derretimento de cada formulação. Embora os valores obtidos estejam dentro do intervalo de tempo de derretimento considerado ideal para sorvete, que é 10 a 15 minutos, em temperatura ambiente²¹ (Tabela 4), o tempo inicial de derretimento foi maior na formulação F4 (4,67 min.), comparado com as demais formulações, o que corrobora com o maior *overrun*. Já a velocidade de derretimento foi maior na formulação F3, mostrando que o maior conteúdo de polpa e da sacarose influenciou na velocidade de derretimento.

Sorvetes com baixo valor de *overrun* derretem mais rapidamente e cristais de gelo maiores também podem causar aumento na velocidade de derretimento²⁷. O derretimento do sorvete envolve fenômenos de transporte de calor e de massa, sendo que inicialmente o calor provoca o derretimento

da camada exterior e penetra progressivamente para camadas internas causando o derretimento dos cristais de gelo²⁸.

Figura 4 - Velocidade de derretimento dos sorbets elaborados com canistel e extrato hidrossolúvel de castanha de baru.



Fonte: os autores.

Tabela 4 - Parâmetros tempo inicial, velocidade de derretimento e equações do comportamento de derretimento dos sorbets de canistel.

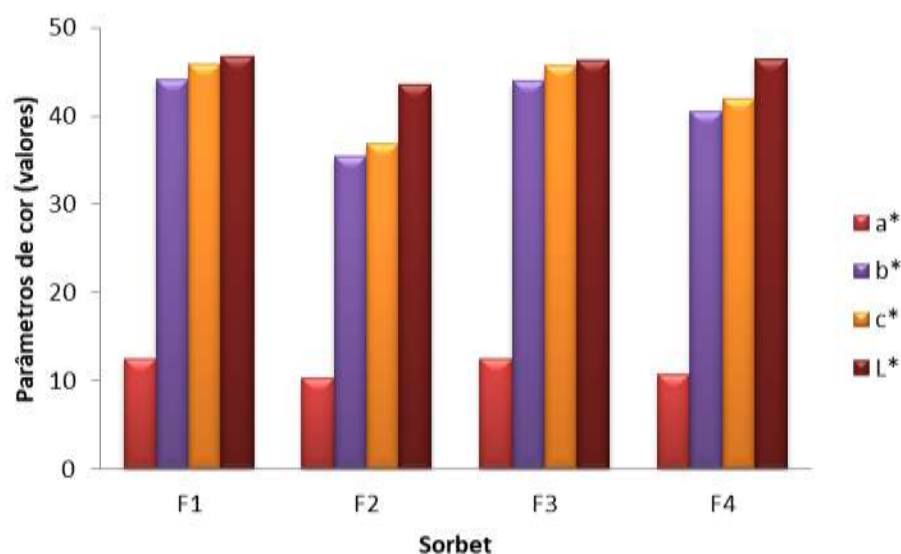
Fórmula do sorbet	Tempo inicial de derretimento (min.)	Velocidade de derretimento (mL/min.)	Equação	R ²
F1	3,27	0,85	$y = 0,86x - 2,80$	0,96
F2	2,86	0,86	$y = 0,86x - 2,47$	0,96
F3	3,47	0,93	$y = 0,93x - 3,24$	0,97
F4	4,67	0,89	$y = 0,89x - 4,16$	0,96

Fonte: os autores.

3.4. AVALIAÇÃO DA COR

A adição de extrato hidrossolúvel de castanha de baru no sorbet influenciou na cor do produto, que apresentou coloração amarelo mostarda (valores maiores de b^*) dependendo da concentração do EHB adicionada na formulação (Figura 5).

Figura 5 – Parâmetros de cromaticidade (a^* , b^*), claridade (L^*) e saturação (C^*) de quatro formulações de sorbet de Canistel sem lactose à base de extrato hidrossolúvel de castanha de baru.



Fonte: os autores.

A intensidade da cor amarela também foi verificada pelos altos valores do parâmetro C^* obtidos para as formulações F1 e F3 (Figura 5) que apresentam maior concentração de polpa (50 e 45%, respectivamente) e menor concentração de EHB (43%). A adição do EHB influenciou no parâmetro L^* , a formulação F2 foi mais escura (valores menores de L^*). Porém, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as formulações para os parâmetros avaliados.

3.5. AVALIAÇÃO SENSORIAL

Os sorbets produzidos apresentaram valores maiores para os atributos cor e textura (nota 6 gostei ligeiramente) e para os atributos aroma, sabor e aceitação global, no geral os valores obtidos foram nota 5 (nem gostei, nem desgostei) e não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as quatro formulações de sorbet para os atributos analisados (Figura 6). As baixas notas atribuídas podem ser justificadas por serem a polpa do canistel e a castanha de baru frutos não convencionais e pouco conhecidos no Brasil. Entretanto, observa-se que a adição desses frutos no sorbet contribuíram na cor e na textura, não sendo necessário o uso de pigmentos e gorduras de outras fontes para obter, principalmente a cremosidade esperada para um produto tipo sorvete.

Figura 6 – Parâmetros para a análise sensorial



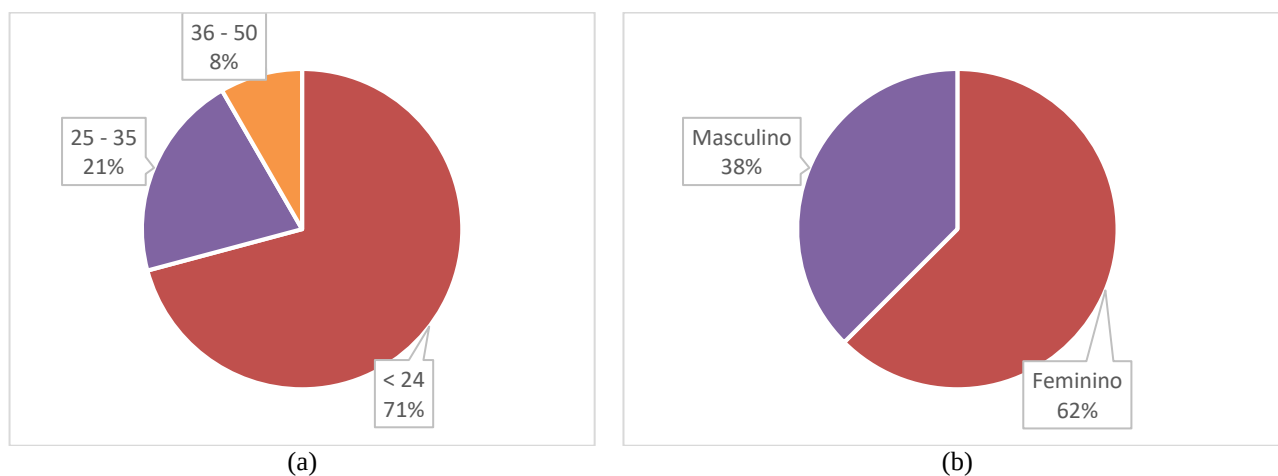
Fonte: os autores.

Dentre outros fatores que podem ter influenciado na aceitação do produto estão a idade e o gênero dos julgadores (Figura 7ab). O maior percentual de julgadores (71%) era constituído de pessoas com idade menor que 24 anos, 21% dos julgadores estavam na faixa etária entre 25 e 35 anos e 8% entre 36 e 50 anos (Figura 7a). Os atributos sensoriais foram melhores aceitos pelos julgadores da faixa etária entre 25 e 50 anos, provavelmente em função da procura por alimentos mais saudáveis e menos calóricos, sendo mais receptivos a alimentos com alegações funcionais.

De acordo com a Figura 7b, percebe-se que a maioria dos julgadores eram do sexo feminino (62%), porém o gênero não influenciou significativamente ($p > 0,05$) na aceitação do produto.

Ao analisar os resultados, este produto poderia ser adaptado à região de consumo, considerando suas importantes características nutricionais e sendo uma opção para intolerantes à lactose.

Figura 7 – Idade (a) e gênero (b) dos julgadores que avaliaram sensorialmente o sorbet de canistel sem lactose à base de extrato hidrossolúvel de castanha de baru.



Fonte: os autores.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos levam a concluir que:

- O extrato hidrossolúvel da castanha de baru e a polpa de canistel podem ser empregados na formulação de gelado comestível, fornecendo um produto com cremosidade e cor aceitáveis, sem adição de matérias primas lácteas e gorduras.
- Indivíduos da faixa etária entre 25 e 50 anos avaliaram de forma positiva o produto a base de frutos não convencionais, mostrando interesse pelo apelo funcional desses produtos.
- Gelados comestíveis ou sorbets são uma opção para incentivar a produção e aproveitamento de frutos exóticos que apresentam na sua composição constituintes que substituam gorduras e substâncias alergênicas. Porém, ainda são necessários estudos para melhorar o sabor do produto.

REFERÊNCIAS

1. BOYCE, J. A. et al. Guidelines for the diagnosis and management of food allergy in the United States: report of the NAID sponsored expert panel. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, v. 126, n. 60, p. 135, 2010.
2. JAEKEL, L. Z.; RODRIGUES, R. S.; SILVA, A. P. Avaliação físico-química e sensorial de bebidas com diferentes proporções de extratos de soja e de arroz. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 30, n. 2, p. 342-348, abr./jun. 2010.
3. TZIFI, F.; GRAMMENIATIS, V.; PAPADOPOULOS, M. Soy and rice based formula and infant allergic to cow's milk. *Endocrine, Metabolic and Immune Disorders – Drug Targets*, v. 14, n. 1, p. 38-46, 2014.
4. BARROS NETO, J. J. S.; ALMEIDA, F. A. C.; GOMES, J. P.; ALBUQUERQUE, E. M. B. Projeto e validação de máquina para produção de extrato de amendoim. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n.11, p.1165-1171, 2014. PRETTI, T. Tecnologia para produção de extrato aquoso de amendoim e elaboração de produto fermentado. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas/UNESP, Araraquara, 2010.
5. YADA, S.; LAPSLEY, K.; HUANG, G. A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 24, n. 4-5, p. 469-480, 2011.
6. KAMIL, A.; CHENC, C. Y. Health benefits of almonds beyond cholesterol reduction. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 60, n. 27, p. 6694-6702, 2012.
7. FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 23, n. 2, p. 269-279, mar./abr. 2010.
8. WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. de. Comercialização de frutas exóticas. 15 p. In: *II Sinfruit. Jaboticabal*. 2013.
9. DONADIO, L.C. Release of new cultivars of tropical fruits in Brazil. *Proceedings of the Interamerican Society for Horticulture*, v. 40, p. 52-53. 1996.
10. DONADIO, L. C.; MARTINS, A. B. G. - Canistel – Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda., p. 5-34. 2016.
11. ANVISA, 2000. Consulta Pública nº 28, de 01 de junho de 2000. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Gelados Comestíveis, Preparados, Pós para o Preparo e Bases para Gelados Comestíveis. Disponível em <[http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP\[3217-1-0\].PDF](http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP[3217-1-0].PDF)> Acesso em 23 de abril de 2016.
12. D'OLIVEIRA, A. C. Desenvolvimento de bebida aromatizada da amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste) – Faculdade de Medicina/UFMS, Campo Grande, 2015.
13. IAL - Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo; 2008. 98-135 p.
14. ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of AOAC international. 16th ed. Gaithersburg: AOAC international, 1996, 1141p.

15. BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparisson of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*. V. 31, n. 4, p. 507-513, nov. 1998.
16. RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A guide to carotenoids analysis in foods. Washington: Ilsi, 1999. 119p
17. FAO/OMS/ONU. Necessidades de energia e proteína. Série de relatos técnicos 724. São Paulo: Roca, 1985.
18. CARVALHO, H.H., JOMG, E.V., BELLÓ, R.M. et al. Alimentos: métodos físicos e químicos de analyses. 1.ed. Porto alegre: Universidade/UFRGS, 2002. 180p.
19. POMERANZ Y. und C. E. MELOAN: Food Analysis: Theory and Practice. 669 Seiten, 230 Abb., 53 Tab. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 1971.
20. FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípio e prática. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.
21. GRANGER, C.; LERGER, A.; LANGENDORFF, V. CANSEL, M. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*, v.15, n. 03, p. 255-262, 2005.
22. DUTCOSKY, S. D. Analise Sensorial de Alimentos. Curitiba: Champagnat, 1996.
23. STARSOF. Inc. (2007) STATISTICA. (data analysus software system), version 8.0.
24. OLIVEIRA, A. C. Desenvolvimento de bebida aromatizada da amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.); 2015; disponível em < <http://repositorio.cbc.ufms.br:8080/jspui/handle/123456789/2347> > Acesso em 10 de dezembro de 2015.
25. FILHO, V.E; SANTOS, A.A; FILHO, J.E; NASCIMENTO, A.R; MARINHO, S.C; MENDES, J.C; LOPES, N.A; JÚNIOR, A.V; MARTINS, A.V. Produção, processamento e análise bromatológica do vinho obtido do caju. *Cadernos de Pesquisa*, v. 13, p. 46-59, 2002.
26. CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio, Lavras: UFLA, 2ª edição, 2005.
27. GOFF, H.D. Formation and stabilisation of structure in ice cream and related products. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, v.7, p.432-437, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359029402000766>> Acesso em 30 de abril 2016. doi: 10.1016/s1359-0294(02)00076-6.
- MUSE, M.R. and HARTEL, R.W. Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. *Journal of Dairy Science*, Volume 87, Issue 1, 1 – 10, 2004.

Capítulo 8



10.37423/241009397

O USO DO IRAMUTEQ COMO FERRAMENTA FACILITADORA DA ANÁLISE TEXTUAL POR PROFISSIONAIS DE SAÚDE

Álvaro Sepúlveda Carvalho Rocha

Universidade Federal do Piauí - UFPI

Giovanna Vitória Aragão de Almeida Santos

Universidade Federal do Piauí - UFPI

Olga Maria Castro de Sousa

Universidade Federal do Piauí - UFPI

Sannya Paes Landim Brito Alves

Universidade Federal do Piauí - UFPI

Mayara Callado Silva Moura

Universidade Federal do Piauí - UFPI

Daniella Farias Almeida

Universidade Federal do Piauí - UFPI

Ana Carolina de Macedo Lima

Universidade Federal do Piauí - UFPI

Luana Bastos Araújo

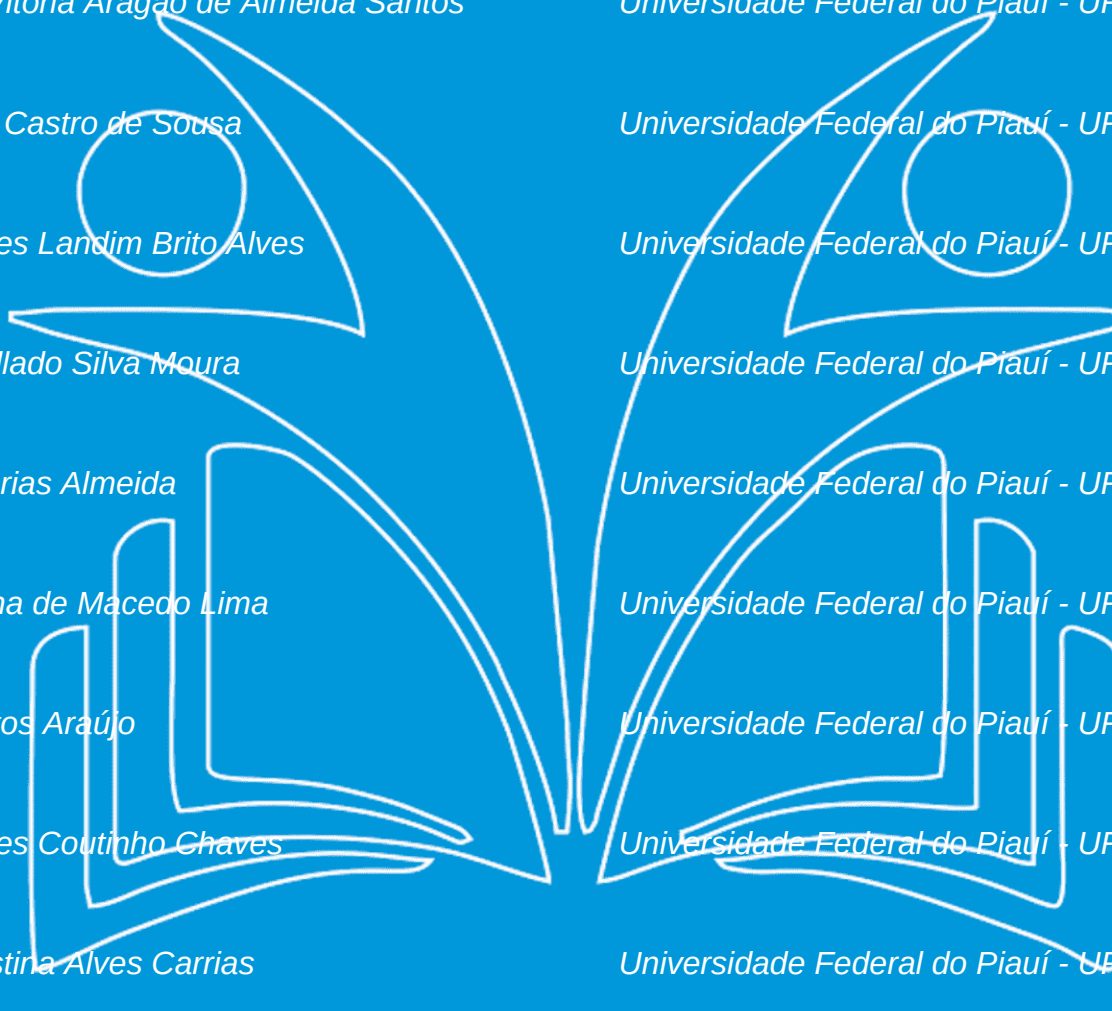
Universidade Federal do Piauí - UFPI

Vitória Fortes Coutinho Chaves

Universidade Federal do Piauí - UFPI

Teresa Cristina Alves Carrias

Universidade Federal do Piauí - UFPI



INTRODUÇÃO

A criação de programas operacionais possibilita o auxílio na análise de dados e construção de pesquisas em diversos aspectos, no qual, esses programas possibilitam maior facilidade de buscas e identificações textuais (WAKULICZ, 2016). Esses programas são chamados de “Computer Aided Qualitative Data Analysis Software” (CAQDAS), e, o seu uso tem crescido, a cada dia por possuírem tendo em vista a grande eficiência no processamento, gerenciamento e recuperação de dados (SOUZA, WALL, THULER, et al., 2018).

Existem muitas vantagens no processo de análise dos dados por meio de softwares, uma dessas vantagens está na organização dos corpos textuais em uma conjuntura de separação de informações, na qual, sua eficiência do processo e a facilidade na localização dos segmentos de textuais permite maior agilidade no processamento de codificação, comparado ao realizado à mão como era realizado antes da criação dessa tecnologia (SOUZA, WALL, THULER, et al., 2018).

A Interface para Análises Multidimensionais de Textos e Questionários – IRAMUTEQ é um dos programas que facilita essas análises textuais de textos, sendo um software gratuito, que foi desenvolvido por Pierre Ratinaud, que faz a integração com a linguagem “R”, que é uma base de desenvolvimento para cálculos estatísticos e gráficos, permitindo diferentes análises estatísticas de corpus textuais e tabelas. Esse programa inicialmente foi desenvolvido em francês e só começou a ser utilizado e integrado no Brasil no ano de 2013. Embora, na língua portuguesa seu dicionário esteja atualmente em aprimoramento, contudo ainda é bastante adequado e utilizado por pesquisadores (RAMOS, LIMA, ROSA, 2018).

O IRAMUTEQ possibilita um tipo específico de identificação dos dados de materiais transcritos, os textos. Com essa análise é possível fazer descrição de vários materiais que são produzidos, tanto na esfera individual como na coletiva, assim como pode utilizar-se da análise textual com a finalidade comparação de diferentes produções (BEDANTE, VELOSO, 2018).

Esse programa, executa e organiza estatísticas simples sobre o “corpus” textual, executando procedimentos como: identificação e reformatação das unidades de texto, identificação da quantidade de palavras, frequência média e hápax, pesquisa no vocabulário e redução das palavras com base em suas raízes (formas reduzidas), criação do dicionário de formas reduzidas do corpus e identificação das formas ativas e suplementares. Além disso, o IRAMUTEQ fornece o número de textos e segmentos de textos, ocorrências, frequência média das palavras, bem como a frequência total de

cada forma; e sua classificação gramatical, de acordo com o dicionário de formas reduzidas (SALVIATI, 2017).

Os avanços do uso das tecnologias na saúde tendem a crescer a cada dia, por possibilitarem o manuseio mais fácil, além de armazenar informações importantes (NEGRI, 2019). Os profissionais da área da saúde estão sempre em busca de praticidade e inovação, tendo em vista a grande quantidade de papéis, documentos, relatórios e agendas que são utilizados nas pesquisas, sendo substituídos por sistemas mais informatizados e seguros. Dessa forma, não é necessário gastar muito tempo com anotações manuais, além de que é possível acessar informações de uma forma mais facilitadora (CALDEIRA, 2018).

Com isso, é possível perceber que softwares como o IRAMUTEQ oferecem diferentes formas de análises estatísticas, facilitam processamento de dados em pesquisas, análise textual, organização e separação das informações, que permitem a localização de forma rápida de todo o segmento de texto. Portanto, o presente estudo tem como objetivo refletir sobre o uso do IRAMUTEQ como ferramenta facilitadora para os profissionais da saúde.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo teórico do tipo reflexivo, construído com base na análise crítica de estudos científicos que referenciam a utilização do Iramuteq de forma ampla, com foco voltado ao uso pelos profissionais da saúde. Essa construção teórica é qualitativa, tendo em vista a interpretação e a análise dos elementos teóricos obtidos por meio do levantamento bibliográfico s realizados na pesquisa.

Para a seleção dos estudos científicos, a serem analisados, realizou-se um levantamento dos documentos em formato eletrônico presentes na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e utilizando também para a pesquisa, o banco de dados PubMed.

Foram utilizadas outras fontes de informação como: manuais, teses e dissertações, além de documentos que versavam sobre o programa. As palavras-chave utilizadas foram: “Iramuteq”, “software”, “análise” e “estatística”, nas línguas portuguesa, espanhola e inglesa. A busca ocorreu em novembro de 2022, encontrando 42 materiais científicos, após leitura dos estudos, a reflexão teórica se consolidou com 12 publicações.

Para estruturar melhor a reflexão, elencou-se três tópicos, sendo eles: “O uso do Iramuteq por profissionais de saúde”, “Os impactos do uso do Iramuteq” e “As possibilidades de análise de dados textuais no Iramuteq”. Por fim, realizou-se a síntese das principais informações, através da

estruturação lógica dos estudos para realizar a revisão da constituição do estudo. Esperando-se assim, que este estudo colabora para construção de pesquisas futuras.

RESULTADOS

O uso do Iramuteq por profissionais de saúde

A utilização do software Iramuteq mostrou-se ser de grande valor para os profissionais de saúde principalmente em pesquisas qualitativas, como no é o exemplo do artigo publicado pela Escola Ana Nery, no qual pesquisadoras da Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba e da Universidade Federal do Paraná, mostraram em sua pesquisa diversas funcionalidades do aplicativo, sendo estas: a estatísticas textuais clássicas; pesquisa de especificidades de grupos; classificação hierárquica descendente; análises de similitude e nuvem de palavras (KAMI, LAROCCA, CHAVES, et al, 2016).

Em adição, Santos e colaboradores (2018), tem o exemplo também da pesquisa publicada pela Revista Pan-Amazônica de Saúde, com o trabalho intitulado “Percepções de portadores de hanseníase sobre as reações hansênicas e o cuidado de si”, cujo, os métodos do estudo relacionados as análises textual e lexical do conteúdo das entrevistas, foi utilizado o software Iramuteq.

Ainda mais, a Revista Visa em Debate, sociedade, ciência e tecnologia, publicou recentemente um artigo intitulado “Utilização do software Iramuteq na análise de contribuições da sociedade em processo regulatório conduzido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária”, permitindo perceber que as pesquisas com o software vão muito além das pesquisas acadêmicas, sendo utilizados em grande escala (CARVALHO, MOTA, SAAB, 2020).

Diante disso, é possível identificar que o programa Iramuteq tem grandes vantagens em facilitar o desenvolvimento de pesquisas, e, se aplica muito a área de saúde, mostrando que seus recursos são de maneira promissora, no qual, se visualiza grandes resultados em seu manuseio.

OS IMPACTOS DO USO DO IRAMUTEQ

Esse programa permite vários tipos de análise, como: a de estatística textual clássica; os de grupos específicos de pesquisa; o descendente de classificação hierárquica; a análise de similaridade e a nuvem de palavras. O IRAMUTEQ, por possuir um sistema bem qualificado, e um rigor estatístico, possui diferentes possibilidades de análise, permite ser amplamente utilizado, com a vantagem da codificação, organização e separação das informações, localizando rapidamente o segmento de texto utilizado (KAMI, LAROCCA, CHAVES, et al, 2016).

O IRAMUTEQ possibilita diferentes processamentos e análises estatísticas de textos, possuindo grandes vantagens em ser gratuito na lógica de open source - código aberto. Como dito anteriormente, ele ancorado no software R e na linguagem de programação python. Apesar de desenvolvido em francês, atualmente possui dicionários completos em outras línguas, e no Brasil, a partir de 2013 a área da saúde tem se aproximado muito dessa ferramenta de análise de dados. Esse software, possibilita cinco tipos de análises: estatísticas textuais clássicas; pesquisa de especificidades de grupos; classificação hierárquica descendente; análises de similitude e nuvem de palavras. Importante ressaltar que esse programa não é um método de análise de dados, mas uma ferramenta para processar os dados, sendo essencial a compressão pelo pesquisador (KAMI, LAROCCA, CHAVES, et al, 2016).

AS POSSIBILIDADES DE ANÁLISE DE DADOS TEXTUAIS NO IRAMUTEQ

Com esse software é possível fazer diversas formas de análise de dados textuais, como a lexicografia básica, Segmento de Texto, até análises multivariadas. As análises lexicográficas, identifica e reformata as unidades de texto, quantidade de palavras, frequência média e hápax, além de pesquisa do vocabulário. As especificidades associam-se a textos com variáveis que possibilitam a análise da produção textual em função das variáveis de caracterização (CAMARGO, JUSTO, 2013).

Além disso, existe o método da Classificação Hierárquica Descendente (CHD), no qual, os segmentos de texto são classificados em função dos seus respectivos vocabulários, e o conjunto de textos é repartido em função da frequência das formas reduzidas. Nas análises de similitude, se possibilita identificar as concorrências entre as palavras e seu resultado traz indicações da conexidade entre as palavras, auxiliando na identificação da estrutura da representação. Por fim, existe a nuvem de palavras, ao qual agrupa as palavras e as organiza graficamente em função da sua frequência, sendo uma análise lexical mais simples, porém graficamente interessante (CAMARGO, JUSTO, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, pode-se observar que a Interface para Análises Multidimensionais de Textos e Questionários conhecido como IRAMUTEQ, é um programa redigido através de análises visuais, que descreve um material facilitador da busca de pesquisa, oferecendo a possibilidade de diferentes formas de análise de dados textuais, desde aquelas bem simples, como a lexicografia básica (como os cálculos, conjunto de textos e frequência de palavras), até análises multivariadas (classificação

hierárquica descendente, análise pós-fatorial), sendo possível observar, que seu uso passou a ser mais amplamente utilizado pelos profissionais da saúde.

Outro ponto, é que o software IRAMUTEQ como ferramenta no processamento de dados na pesquisa na área da saúde, facilita ao pesquisador a chegar nos resultados, sem a necessidade de exaustivas leituras. Além disso, percebe-se que existe grande necessidade de estudo do programa, para adquirir habilidade em seu manuseio, sendo um fator que pode dificultar sua usabilidade por muitos estudiosos, além de que, o software só possibilita a interpretação dos resultados já processados pelo pesquisador, sendo necessário uma rigorosa análise dos estudos utilizados com rigor científico.

Por fim, é possível perceber que esse estudo contribui significativamente na literatura, como uma forma de aproximar o software IRAMUTEQ dos pesquisadores da saúde, além de mostrar que o programa citado facilita significativamente o processamento de dados para o pesquisador. Como limitações do estudo, identificou-se a pouca disponibilidade de estudos que falem do software, do seu uso, manuseio e de como acessado, sendo necessário maior divulgação desse software para que se possa integrar mais pesquisadores e mais estudos.

REFERÊNCIAS

BEDANTE, Gabriel Navarro; VELOSO, Andres Rodriguez. Análise qualitativa por meio do software IRAMUTEQ. FEAUSP, Programa de Pós-graduação em Administração, 2018. Disponível em: < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4292116/mod_resource/content/0/PPGA%20FEAUSP_Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20Iramutq_01%20%281%29.pdf>. Acessado em: 07 de novembro de 2022.

CALDEIRA, Helvio. Tecnologia e saúde: entenda o futuro da medicina. CM Tecnologia, 2018. Disponível em: < <https://cmtecnologia.com.br/blog/impacto-de-tecnologias-na-melhoria-da-saude/>>. Acessado em: 08 de novembro de 2022.

CAMARGO, Brígido Vizeu Camargo; JUSTO, Ana Maria. Tutorial para uso do software de análise textual IRAMUTEQ. Laboratório de Psicologia Social da Comunicação e Cognição – LACCOS, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2013.

CARVALHO, Thiago Silva; MOTA, Daniel Marques; SAAB, Flávio. Utilização do software IRaMuTeQ na análise de contribuições da sociedade em processo regulatório conduzido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Revista Visa em Debate, 2020. <https://doi.org/10.22239/2317-269x.01429>

KAMI, Maria Terumi Maruyama; LAROCCA, Liliana Müller; CHAVES, Maria Marta Nolasco; LOWEN, Ingrid Margareth Voth; SOUZA, Viviam Mara Pereira; GOTO, Dora Yoko Nozaki. Trabalho no consultório na rua: uso do software IRAMUTEQ no apoio à pesquisa qualitativa. Escola Anna Nery, 2016. DOI: 10.5935/1414-8145.20160069.

NEGRI, Fernanda. As tecnologias da informação podem revolucionar o cuidado com a Saúde?. IPEA, Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade, 2019. Disponível em:

< <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/107-as-tecnologias-da-informacao-podem-revolucionar-o-cuidado-com-a-saude>>. Acessado em: 08 de novembro de 2022.

RAMOS, Maurivan Güntzel; LIMA, Valderez Marina do Rosário; AMARAL-ROSA, Marcelo Prado Amaral-Rosa. Contribuições do software IRAMUTEQ para a Análise Textual Discursiva. Atas CIAIQ, 2018. Disponível em:

<file:///C:/Users/alvar/Downloads/1676-Texto%20Artigo-6530-1-10-20180624.pdf>. Acessado em: 07 de novembro de 2022.

SALVIATI, Maria Elisabeth. Manual do Aplicativo Iramuteq. Iramuteq, Planaltina, 2017. Disponível em: < <http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/manual-do-aplicativo-iramuteq-par-maria-elisabeth-salviati>>. Acessado em: 07 de novembro de 2022.

SANTOS, Anderson Lineu Siqueira; PEREIRA, Ivonete Vieira; FERREIRA, Angela Maria Rodrigues; PALMEIRA, Iaci Proença. Percepções de portadores de hanseníase sobre as reações hanseníacas e o cuidado de si. Revista Pan-Amazônica de Saúde, vol.9 no.4 Ananindeua dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.5123/s2176-62232018000400004>.

SOUZA, Marli Aparecida Rocha; WALL, Marilene Loewen; THULER, Andrea Cristina de Moraes Chaves; LOWEN, Ingrid Margareth Voth; PERES, Aida Maris. O uso do software IRAMUTEQ na análise de dados em pesquisas qualitativas. Revista da Escola de Enfermagem da USP, vol.52, São Paulo, 2018.

WAKULICZ, Gilmar Jorge. Sistemas de Informações Gerenciais. Colégio Politécnico, UFSM, Santa Maria – RS, 2016. Disponível em: < <https://central3.to.gov.br/arquivo/453259/>>. Acessado em: 09 de novembro de 2022.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA: EIXOS DO DESENVOLVIMENTO

VOLUME V



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](#)



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE