

Dispositivos portáteis para medição dos níveis de açúcar em bebidas: uma revisão sistemática da literatura

Rafael Meira Deggerone
rafaeldeggerone@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Curitiba, PR, Brazil

Renata Coelho Borges
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica
(PPGEB), Curitiba, Paraná, BRA

Joel da Silva Rodrigues
joelrodrigues@ifsul.edu.br
Instituto Federal Sul-Rio-Grandense
Novo Hamburgo, RS, Brazil

Fábio Pires Itturriet
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica
(PPGEB), Curitiba, Paraná, BRA

ABSTRACT

Knowing the levels of sugar ingested in foods and beverages is essential for health, given its relationship with various diseases such as obesity and diabetes, among others. Using portable devices for measuring sugar in beverages aims to raise awareness and alert people about excessive sugar consumption. This work presents a systematic literature review (SLR) conducted using the PICO methodology and managed with the Parsifal tool to identify new methods and portable devices for measuring sugar in beverages commonly consumed by the population. Seven papers were selected for a more in-depth analysis, showing that the most commonly used techniques for this application are electrochemical techniques using immersion electrodes and non-visible light through Near-Infrared Spectroscopy. Only one study briefly addressed using the Internet of Medical Things to share results. The study aims to present the current academic scenario by mapping technologies and opening new research possibilities.

KEYWORDS

Sugar level, sensing, beverages, devices, iomt

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a ingestão diária de açúcar não deve exceder 25 gramas (aproximadamente 5 colheres de chá) para adultos e crianças [1]. O consumo exagerado de açúcar pode gerar problemas de saúde em longo prazo como ganho de peso (podendo gerar obesidade), pressão alta, problemas dentários e diabetes tipo 2 [2]. Um estudo realizado em 2022 estimou que havia 830 milhões de pessoas no mundo diagnosticadas com diabetes (mais de 95% com diabetes tipo 2), afetando principalmente países de baixa renda [3]. A diabetes tipo 2 é uma doença crônica sem cura que afeta a forma como o corpo metaboliza a glicose (açúcar), se tornando resistente à insulina.

O consumo anual de açúcar em bebidas está diretamente relacionado com doenças em mais de 1,8 milhão de adultos brasileiros (incluindo a diabetes tipo 2) com um custo de tratamento anual estimado em 3 bilhões de reais ao sistema público de saúde [4]. Para exemplificar, o volume de 350 ml de refrigerante de cola, suco de maçã e água de coco contém, respectivamente, 39, 38 e 21 gramas de açúcar [5]. Duas dessas três bebidas, amplamente consumidas, excedem o limite diário de ingestão de açúcar recomendado pela OMS.

Por isso, aferir e registrar a quantidade de açúcar ingerida diariamente em bebidas pode se tornar um hábito eficaz na manutenção da saúde, servindo tanto para diabéticos quanto para indivíduos saudáveis. Além disso, desenvolve um senso de autocuidado estimulando melhores escolhas alimentares.

Um dos equipamentos comerciais mais comuns para medir a quantidade de açúcar em soluções é o refratômetro, cujo princípio se baseia na medição do índice de refração da luz através do líquido em análise. Com isso, é possível determinar a concentração de um líquido e, por consequência, a quantidade de açúcar [6]. Embora a maioria dos modelos de refratômetros sejam portáteis, demandam a utilização de uma pipeta tanto para aplicação da bebida no instrumento quanto para sua calibração (realizada antes de cada uso), restringindo sua utilização em situações cotidianas. Um refratômetro digital apresenta um valor médio estimado de R\$ 1.200 [7] enquanto sua versão analógica custa em torno de R\$ 415 [8].

Embora o refratômetro forneça uma medição confiável, o registro dos valores medidos ainda é feito manualmente com acesso exclusivo do usuário. Nesse contexto, a Internet das Coisas Médicas (IoMT) surge com o intuito de conectar uma rede de equipamentos médicos através da Internet, com intuito de otimizar a coleta e análise de dados de saúde. A integração entre a IoMT e dispositivos medidores de açúcar em bebidas se torna uma iniciativa promissora de automação no processo de registro da ingestão diária de bebidas. A alta capacidade de processamento e armazenamento na nuvem associada com uma interface gráfica permite que os usuários e profissionais de saúde (médicos e nutricionistas) acompanhem continuamente o consumo de açúcar ao longo dos dias. Essa abordagem também oportuniza o desenvolvimento e aplicação de técnicas de inteligência artificial (IA) para rastrear e identificação os padrões de consumo, conscientização e alerta ao usuário em casos de excesso, contribuindo para uma mudança positiva nos hábitos alimentares [9].

O presente trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura (RSL) visando identificar os principais trabalhos que abordam técnicas inovadoras para medir a quantidade de açúcar em bebidas por meio de dispositivos portáteis integrado com Internet das Coisas Médicas (IoMT), permitindo rastreabilidade e acompanhamento médico remoto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os processos de planejamento, condução e relatórios da RSL foram executados com a ferramenta Parsifal utilizando a metodologia PICO [10], conforme apresentado na Tabela 1. Essas definições evidenciaram as palavras-chaves usadas para a construção da *string* de pesquisa.

Tabela 1: Implementação da metodologia PICO.

Ac.	Definição	Descrição
P	<i>Process</i>	Aferição da quantidade de açúcar em bebidas
I	<i>Improvement</i>	Dispositivos portáteis baseados em IoMT
C	<i>Comparison</i>	Equipamentos e técnicas de aferição
O	<i>Outcomes</i>	Equipamentos portáteis de aferição de açúcar em bebidas com integração à IoMT

A busca inicial nas bases científicas retornou um número ínfimo de artigos. Uma análise mais aprofundada apontou que a inserção das expressões IoT/IoMT foram as responsáveis e por isso foram retiradas. Com isso, após várias redefinições, chegou-se na *string* final para buscar nas bases científicas: (“node” OR “device” OR “prototype” OR “equipment” OR “gadget”) AND (“portable” OR “handheld” OR “handy”) AND (“sense” OR “measurement” OR “monitoring” OR “monitor” OR “detector” OR “sensing” OR “detection” OR “measuring”) AND (“sugar level” OR “sweet” OR “sweetne” OR “glucose” OR “fructose” OR “sucrose”) AND (“drink” OR “beverage”). As bases consultadas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Relação das bases consultadas.

Bases	Link
ACM Digital	http://dl.acm.org/
Begell Digital	https://search.begellhouse.com
Engineering Village	https://engineeringvillage.com/
IEEE Xplore	http://ieeexplore.ieee.org/
Web of Science	http://www.isiknowledge.com
PubMed	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov
ScienceDirect	http://sciencedirect.com/
Scopus	http://scopus.com
Springer	http://springer.com/
The Lancet	https://www.thelancet.com

Os critérios de exclusão utilizados foram: I) Artigos duplicados; II) Estudos Educacionais; III) Estudos anteriores à 2019; IV) Estudos fora do Escopo; V) Livros; VI) Estudos secundários; VII) Artigos sem acesso disponível. E o critério de Inclusão: I) Estudos dentro do Escopo (Equipamentos portáteis capazes de medir e quantificar açúcar em bebidas). Após a aplicação desses critérios, os artigos foram avaliados individualmente de acordo com as seguintes perguntas de pesquisa:

- 1) O artigo identifica o nível de açúcar em bebidas?
- 2) O artigo propõe a construção de um dispositivo portátil?
- 3) Os estudos aferem os resultados obtidos?
- 4) Os experimentos utilizam bebidas comuns?

Cada pergunta plenamente respondida recebeu nota 1, parcialmente respondida 0,5 e não respondida nota 0. Apenas os artigos com nota de corte igual ou superior a 2 permaneceram no estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A consulta realizada nas bases previamente apresentadas retornaram 75 artigos. Apenas 7 bases retornaram estudos conforme mostrado na Figura 1. As bases Begell Digital, Science Direct e IEEE Digital Library não retornaram artigos com a *string* proposta.

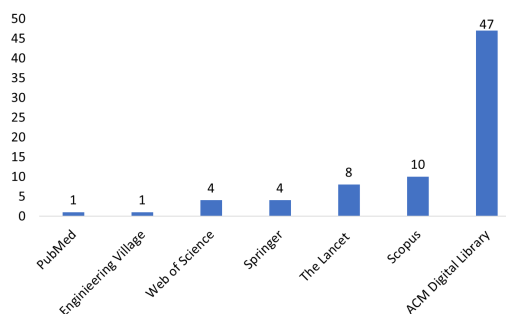


Figura 1: Número de artigos retornados em cada base

A Figura 2 mostra a distribuição do número de estudos encontrados entre os anos de 2019 e 2024. A linha pontilhada é um indicador de tendência de crescimento do número de publicações relacionadas com a temática proposta na RSL. Após a análise e aplicação dos critérios de inclusão/exclusão e a classificação, apenas 7 artigos foram aceitos e permaneceram no estudo.

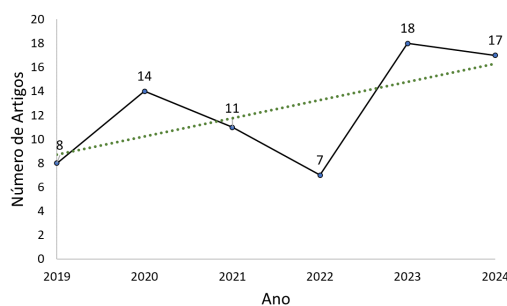


Figura 2: Número de artigos publicados em cada ano

As técnicas empregadas nos 7 artigos foram variadas, refletindo a diversidade de abordagens para a medição de açúcar em bebidas. Técnicas eletroquímicas clássicas como voltametrias e amperometrias foram utilizadas em dois estudos selecionados. O equipamento usado em ambos os trabalhos para realizar os experimentos foi o potenciostato modelo EmStat3 [11], que embora apresente dimensões reduzidas, necessita a conexão com um computador para controle e visualização dos resultados. No estudo proposto em [12], o potenciostato foi utilizado para realizar experimentos de voltametria cíclica (VC) e cronoamperometria (experimentos de calibração do sensor proposto) com três eletrodos para medir o nível de açúcar em bebidas comerciais como coca-cola e coca-cola-zero. O trabalho

apresentado em [13] utilizou o potenciostato para aplicar experimentos de voltametria para validar uma técnica de projeto e construção de sensores de papel para a detecção da quantidade de açúcar em amostras de leite de vaca integral, semidesnatado, desnatado e sem lactose. Ambos os trabalhos comparam seus resultados com os valores indicados nos rótulos das bebidas.

Outros dois trabalhos selecionados aplicaram uma técnica conhecida como Espectroscopia no Infravermelho Próximo (NIRS). É uma técnica de sensoriamento não invasiva que pode ser utilizada para obter informações sobre a composição química dos objetos medindo as interações entre a radiação eletromagnética (comprimentos de onda entre 700 e 2.500 nm) e a matéria [14]. Em [15], foi proposto um protótipo completo de um *scanner* NIRS utilizando os comprimentos de onda de 1055, 1235 e 1545 nm para detectar o nível de açúcar em uma ampla gama de bebidas comerciais, avaliando a influência de parâmetros ambientais como temperatura e luminosidade em seu desempenho. Os resultados do protótipo foram comparados com os valores informados nos rótulos de cada bebida. O estudo apresentado em [16] usa uma variação de NIRS, conhecida como espectroscopia *Short-wavelength NIR* (SW-NIR), para medir a quantidade de açúcar e carboidratos em sucos de fruta e sucos de vegetais. Os resultados obtidos foram comparados com dois dispositivos portáteis comerciais (SCIO [17] e Avantes [18]) com comprimentos de onda na faixa entre 740 e 1070 nm.

A abordagem mais disruptiva entre os trabalhos selecionados foi apresentada por [19], propondo a medição de sacarose em bebidas através de um glicosímetro portátil comercial (usualmente aplicado para análise de amostras de sangue). O foco do trabalho está direcionado para o processo químico que a bebida passa antes de ser aplicada na fita reagente para posterior análise no glicosímetro. Foram realizados testes com chá verde, coca-cola e soluções com diferentes concentrações de sacarose. Os resultados foram comparados com o equipamento laboratorial Waters modelo 2695 [20].

A radiofrequência foi usada para indicar a quantidade de sacarose em soluções aquosas sem contato direto com as amostras em [21]. Os experimentos foram conduzidos com um sistema de rádio comercial da marca Ettus Research modelo B210 [22] explorando as frequências entre 4125 e 4410 MHz. Os autores afirmam que o *setup* utilizado nos experimentos é de baixo custo e portátil, porém, o valor médio do rádio custa em torno de R\$5.000 e a necessidade da conexão com um computador torna essa afirmação discutível, ainda mais no contexto da aplicação explorada nessa RSL.

Por fim, o artigo [23] propôs a construção de um dispositivo portátil para medir o nível de açúcar em bebidas usando o sensor MQ-135. Os resultados são enviados para um aplicativo desenvolvido especificamente para essa tarefa. Entretanto, a técnica de análise é superficialmente apresentada, principalmente pelo fato de que a própria fabricante do sensor indica seu uso para detectar a concentração de gases tóxicos como fumaça, óxido nítrico, benzeno e amônia. Ademais, o estudo não apresenta uma discussão sobre a precisão dos resultados encontrados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A RSL apresentada neste trabalho apontou a existência de variados métodos para a identificação e quantificação de açúcar presente em bebidas consumidas pela população. Técnicas eletroquímicas e

ópticas foram utilizadas na maioria dos estudos analisados. Tendências disruptivas como o uso de rádio frequência e de glicosímetros trouxeram novas possibilidades de pesquisa. Além disso, a prática de aferir os resultados dos dispositivos propostos nos estudos com os valores de açúcares contidos na área de informação nutricional dos rótulos das bebidas, eliminam a necessidade da utilização de equipamentos com alto custo. Por fim, a falta de trabalhos que abordam implementações com IoMT nos trabalhos foi notável, inclusive sendo retirada da RSL, abrindo as portas para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- [1] WHO. Who calls on countries to reduce sugars intake among adults and children, mar 2015. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/04-03-2015-who-calls-on-countries-to-reduce-sugars-intake-among-adults-and-children>.
- [2] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Be sugar smart - healthy weight, nutrition, and physical activity, 2024. Disponível em: <https://www.cdc.gov/healthy-weight/be-sugar-smart/>.
- [3] WHO. Diabetes fact sheet. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>.
- [4] A. Alcaraz, C. Vianna, A. Bardach, N. Espinola, L. Perelli, D. Balan, F. Cairoli, A. Palacios, M. Comolli, F. Augustovski, P. Johns, and A. Pichon-Riviere. O lado oculto das bebidas açucaradas no brasil, nov 2020. Disponível em: www.iecs.org.ar/azucar.
- [5] Shereen Lehman. How much sugar is in a can of soda?, 06 2012. Disponível em: <https://www.verywellfit.com/guess-how-much-sugar-is-in-a-can-of-soda-2506919>.
- [6] Raymond A. SERWAY and John W J. JR. *Física para cientistas e engenheiros - Volume 4 - Luz, óptica e física moderna - Tradução da 9ª edição norte-americana*. +A Educação - Cengage Learning Brasil, Porto Alegre, 2 edition, 2019. Acesso em: 02 dez. 2024.
- [7] Refratômetro digital 0-85% brix fácil utiliz. limpez. calib., 2024. Disponível em: https://cheeselab.mercadoshops.com.br/MLB-2786428109-refratmetro-digital-0-85-brix-facil-utiliz-limpez-calib-_JM.
- [8] Casa do Termômetro. Refratômetro incoterm analógico 0 a 32 Disponível em: <https://www.casadotermometro.com.br/refratometro-analogico-de-esc-dupla-faixa-de-medicao-brix-0-a-32>.
- [9] Rajiv Pandey, Amrit Gupta, and Agnivesh Pandey. *The Internet of Medical Things (IoMT) and Telemedicine Frameworks and Applications*. IGI Global, 2022.
- [10] Jenny Mueller-Alexander. Libguides: Engineering (basic): Formulating questions w/pico, 01 2024. Disponível em: <https://libguides.asu.edu/engineering/PICO>.
- [11] PalmSens. Emstat3 module.
- [12] Stefano Cinti, Roberta Marrone, Vincenzo Mazzaracchio, Danila Moscone, and Fabiana Arduini. Novel bio-lab-on-a-tip for electrochemical glucose sensing in commercial beverages. *Biosensors and Bioelectronics*, 165:112334, 2020.
- [13] Silvia Dorte, Agustín G. Crevillen, Alberto Escarpa, and Stefano Cinti. Electroanalytical paper-based device for reliable detection and quantification of sugars in milk. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 398:134704, 2024.
- [14] Metrohm NIRSystems. Nir spectroscopy: A guide to near-infrared spectroscopic analysis of industrial manufacturing processes., 2002.
- [15] Weiwei Jiang, Gabriele Marini, Niels van Berkel, Zhanna Sarsenbayeva, Zheyu Tan, Chu Luo, Xin He, Tilman Dinger, Jorge Goncalves, Yoshihiro Kawahara, and Vassilis Kostakos. Probing sucrose contents in everyday drinks using miniaturized near-infrared spectroscopy scanners. *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.*, 3(4), September 2020.
- [16] Wanchao Chen, Hui Li, Feiyu Zhang, Weimin Xiao, Ruoqiu Zhang, Zengkai Chen, and Yiping Du. Handheld short-wavelength nir spectroscopy for rapid determination of sugars and carbohydrate in fresh juice with sampling error profile analysis. *Infrared Physics & Technology*, 115:103732, 04 2021.
- [17] SCIO. Scio mini: Handheld nir analyzer | scio, 11 2024.
- [18] Avantes. Multi-channel spectrometers.
- [19] Xinran Zhang, Jiaqian Zhao, Chengcheng Wang, Ling Zhu, Xinyu Pan, Yuqiao Liu, Junmin Li, Xishan Guo, and Dajing Chen. Measurement of sucrose in beverages using a blood glucose meter with cascade-catalysis enzyme particle. *Food Chemistry*, 398:133951, 2023.
- [20] Waters. Sistema hplc alliance | o padrão ouro em análise hplc | waters, 2024.
- [21] Javier Coronel-Gavio, Virginia Yague-Jimenéz, and José Luis Blanco-Murillo. Radiofrequency Absorbance as a Novel Concentration Indicator in Sucrose Aqueous Solutions. *Ingeniería e Investigación*, 2023.
- [22] a National Instruments Brand Ettus Research. Usp b210 usb software defined radio (sdr) - ettus research, 2020.
- [23] Ching Yee Yong and Jeffry Wen Kai Moi. Health gadget - an iot handheld sugar level detector. In *2024 7th International Conference on Electronics, Communications, and Control Engineering (ICECC)*, pages 72–76, 2024.