Estudo de formas de monitoramento não invasivo da taxa de glicose através do suor

Palavras-Chave: Monitoramento não invasivo, Glicose, Resistência galvânica da pele (GSR)

Autores(as):

SOPHIA MARQUES ANNUNCIAÇÃO, FT – UNICAMP

Profª. Drª. TALIA SIMÕES DOS SANTOS XIMENES (orientadora), FT – UNICAMP

Dr. RODRIGO LUIZ XIMENES (Co-orientador), FT – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O *Diabetes Mellitus* é uma condição metabólica crônica caracterizada por altos níveis de glicose no sangue devido à produção insuficiente ou à má absorção de insulina. No Brasil, a prevalência da doença tem crescido de forma significativa (CBDL, 2023), tornando urgente o desenvolvimento de soluções de monitoramento acessíveis e menos invasivas. Atualmente, os métodos convencionais de aferição de glicemia são invasivos e desconfortáveis, o que pode comprometer a adesão ao tratamento (CHUNG; FORTUNATO; RADACS, 2019). Este projeto propõe e desenvolve um sistema não invasivo de monitoramento da glicose por meio do suor, utilizando a resistência galvânica da pele (GSR) como parâmetro correlato à glicemia (DONELLI et al., 2021; SNEKHALATHA et al., 2018).

METODOLOGIA:

A pesquisa iniciou-se com a aprovação do Comitê de Ética (CAAE: 73830823.9.0000.5404) e com revisão bibliográfica de tecnologias não invasivas já existentes (ZAFAR et al., 2022). Optou-se por investigar a GSR devido à sua relação demonstrada com os níveis de glicose (GULBANDILAR et al., 2008; DONELLI et al., 2021). Foram desenvolvidos e testados dois circuitos eletrônicos para a medição da GSR: um baseado em ponte H com sensores de cobre, como em (Figura 1), e outro adaptado de literatura científica (LISBOA; ROSA, 2021). Ambos os sistemas captaram os sinais por meio de um multímetro conectado a um microcontrolador, que os transmitiu a um programa em Python (Figura 2) e (Figura 3).

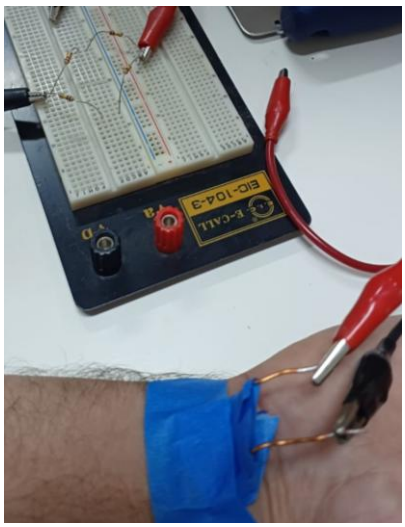
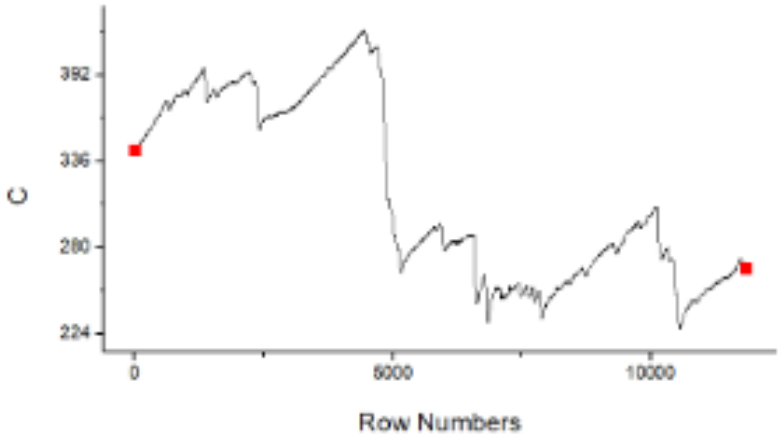


Figura 1 – circuito para medição GSR



Statistics on Columns (06/06/2024 15:50:45)

Notes

Input Data

Descriptive Statistics

	N total	Mean	Standard Deviation	Sum	Minimum	Median	Maximum
C	11862	291,01088	37,52084	3,45197E6	202	295	359

Figura 2 e 3 – dados coletados

Posteriormente, adotou-se um sensor comercial (GROVE, 2024a), ligado a um Arduino R4 com Wi-Fi (Figura 4). Foi implementado um aplicativo usando a plataforma Blynk, para visualização em tempo real dos dados. Foram realizados testes com dois voluntários — um com diabetes tipo 2 (Figura 6) e outro sem a condição (Figura 5) — para comparar os dados da GSR com os valores obtidos de um glicosímetro comercial (*Accu-Chek Active*). As medições foram feitas de forma espaçada em diferentes horários ao longo de dias.

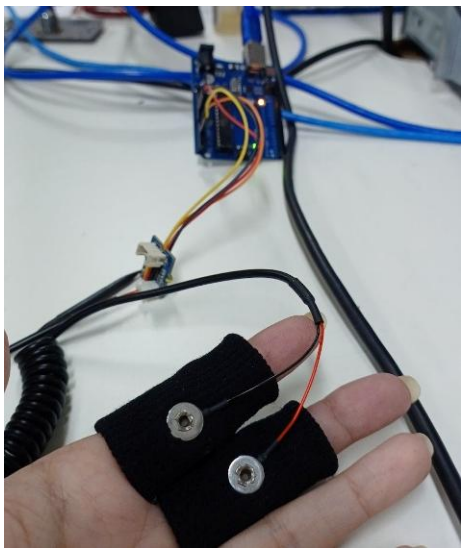


Figura 4 – dispositivo integrado para medição GSR

Figura 5 e 6 – aplicativo mostrando dados em tempo real

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os testes demonstraram que o sensor GSR comercial é mais estável e confiável em comparação com os protótipos fabricados manualmente (GROVE, 2024a). Os dados obtidos apresentaram correlação com os níveis de glicose medidos de forma invasiva (DONELLI et al., 2021; SNEKHALATHA et al., 2018), evidenciando a diferença nas curvas glicêmicas entre os voluntários com e sem diabetes. A análise estatística mostrou que, apesar das oscilações momentâneas nos sinais GSR, é possível estabelecer uma média de longo prazo que se aproxima da curva glicêmica tradicional (GULBANDILAR et al., 2008).

Além disso, foi identificada a necessidade de considerar variáveis como idade, tipo de diabetes, tom de pele e condições fisiológicas para aumentar a precisão do sistema. Com base nesses resultados, foi proposto o uso de inteligência artificial e redes neurais para aprimorar a análise dos dados, por meio de aprendizado contínuo e personalização do modelo de detecção (ZAFAR et al., 2022; BAE et al., 2019).

CONCLUSÕES:

O estudo apresentou uma abordagem promissora para o monitoramento não invasivo de glicose via suor, utilizando a resistência galvânica da pele. O protótipo mostrou potencial para aplicação prática, fornecendo leituras coerentes com os padrões de glicemia de forma menos invasiva (DONELLI et al., 2021; WANG et al., 2019). A integração com sistemas móveis e a possibilidade de monitoramento contínuo tornam essa solução atrativa para pessoas com diabetes.

Entretanto, para que o dispositivo atinja precisão clínica, são necessários ensaios em larga escala e a incorporação de algoritmos de IA e redes neurais. A miniaturização do circuito, a personalização do sensor e o estudo de diferentes regiões anatômicas para medição também são caminhos futuros identificados como promissores.

BIBLIOGRAFIA

BAE, Chan Wool et al. **Fully Stretchable Capillary Microfluidics-Integrated Nanoporous Gold Electrochemical Sensor for Wearable Continuous Glucose Monitoring**. ACS Applied Materials & Interfaces, Washington, v. 11, p. 39509–39517, 2019.

CBDL – CÂMARA BRASILEIRA DE DIAGNÓSTICO LABORATORIAL. Diagnóstico para a vida. Brasília, CBDL, 2023.

CHUNG, M.; FORTUNATO, G.; RADACS, N. **Wearable flexible sweat sensors for healthcare monitoring: a review.** Londres, The Royal Society, 2019.

DONELLI, Massimo et al. **Wearable non-invasive blood glucose monitor system based on galvanic skin resistance measurement.** Electronics Letters, Londres, v. 57, p. 407-409, 2021.

GULBANDILAR, Eyyup et al. **Relationship between skin resistance level and static balance in type II diabetic subjects.** Diabetes Research and Clinical Practice, Amsterdam, v. 82, p. 292-295, 2008.

GROVE. Sensor de GSR Grove. Shenzhen, SeedStudio, 2024a. Disponível em: https://wiki.seeedstudio.com/Grove-GSR_Sensor/. Acesso em: fev. 2024.

LISBOA, Saulo Alves; ROSA, Suélia de Siqueira Rodrigues. **Dispositivo eletrônico que mede a resistência galvânica da pele e a temperatura.** Brasília, Universidade de Brasília, 2021.

SNEKHALATHA, U. et al. **Non-invasive blood glucose analysis based on galvanic skin response for diabetic patients.** Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications, Singapura, v. 30, p. 1-7, 2018.

WANG, Yusheng et al. **A thin film polyethylene terephthalate (PET) electrochemical sensor for detection of glucose in sweat.** Talanta, Amsterdã, v. 195, p. 657-664, 2019.

ZAFAR, Hima et al. **Comprehensive review on wearable sweat-glucose sensors for continuous glucose monitoring.** Sensors, Basel, v. 22, p. 1-18, 2022.