



PLATAFORMAS PORTÁTEIS DE DIAGNÓSTICO MOLECULAR EM ÁREAS REMOTAS

MARIA ELIZA COSTA DE CARVALHO ARAÚJO; ANA BEATRIZ GUIMARÃES SANTOS; MARIA EDUARDA SOARES BARBOSA; NATÁLIA CAMPOS TRINDADE; FABIANA DE ANDRADE BRINGEL

RESUMO

Um dos pilares para a efetivação da saúde pública é o diagnóstico, que auxilia no rastreamento e tratamento precoce de patologias, como tuberculose, esquistossomose e hanseníase. Entretanto, tal diagnóstico torna-se dificultado em áreas remotas, o que prejudica o acesso pleno à saúde para população que reside nessas áreas. O presente estudo aborda a importância da implementação de tecnologias como ferramentas de ampliação da cobertura de saúde em todo o país, como as plataformas portáteis de diagnóstico molecular. Para analisar essa relação fez-se uso de uma revisão de literatura por busca de informações e artigos em bibliotecas virtuais e bancos de dados confiáveis, como PubMed, Scielo e BVS, por meio dos descritores “Acessibilidade aos Serviços de Saúde”, “Testes de Diagnóstico Molecular”, “Zonas de Difícil Acesso”. Considerou-se os critérios de inclusão e exclusão e obteve-se 6 artigos. Constatou-se por meio da análise que algumas plataformas já são aplicadas e têm resultados favoráveis, como testes de amplificação isotérmica de ácidos nucleicos (LAMP), os biossensores eletroquímicos e os dispositivos baseados em microfluídica. O uso de plataformas portáteis de diagnóstico molecular torna-se uma alternativa favorável, ao identificar, por meio de testes rápidos, doenças que podem ser tratadas de maneira simples, facilitando o direcionamento de políticas públicas de saúde aplicadas a cada local do país. Contudo, a implementação dessas tecnologias ainda encontra entraves, seja pelo custo, necessidade de manuseio ou questões de armazenamento adequado. Assim, depreende-se que o uso de plataformas portáteis de diagnóstico molecular em áreas distantes e de difícil acesso são extremamente relevantes, ao mitigar as desigualdades sociais e oferecer acesso à saúde, como assegura a Constituição Federal Brasileira.

Palavras-chave: Acessibilidade aos Serviços de Saúde, Teste de Diagnóstico Molecular, Zonas de Difícil Acesso

1 INTRODUÇÃO

Para que seja possível o controle epidemiológico das doenças infecciosas em regiões remotas e carentes de infraestrutura laboratorial, o acesso ao diagnóstico rápido e preciso é um fator essencial, pois direciona as intervenções em saúde pública para a resolução efetiva do problema (Jung *et al.*, 2015).

Doenças negligenciadas, como a hanseníase (Santos, 2023), a esquistossomose (Pires *et al.*, 2025) e a tuberculose (CHEW *et al.*, 2025), continuam sendo desafios globais devido à dificuldade na detecção precoce e à dependência de métodos laboratoriais tradicionais, que muitas vezes são inacessíveis em localidades distantes dos centros urbanos (Brasil, 2022).

Nesse contexto, plataformas portáteis de diagnóstico surgem como alternativas promissoras para viabilizar o diagnóstico no local de atendimento, sem necessitar de uma infraestrutura laboratorial complexa, o que permite maior cobertura de exames e facilita

estratégias de busca ativa, a qual é imprescindível para o controle de infecções. (Cereda *et al.*, 2018).

O conceito de *point-of-care testing* (POCT), que propõe o uso de testes rápidos e simplificados diretamente no ponto de atendimento ao paciente, surge exatamente como uma eficaz solução para a dificuldade dos diagnósticos nas áreas remotas (Jung *et al.*, 2015).

No entanto, apesar do potencial dessas novas ferramentas, existem diversos desafios para sua implementação em larga escala, incluindo questões como custo, sensibilidade e especificidade dos testes, além da necessidade de armazenamento dos insumos em temperaturas e umidades estáveis em diferentes condições ambientais (Santos, 2023).

Portanto, fica evidente que é crucial aprofundar os estudos sobre essas novas tecnologias, com o intuito de promover a democratização do acesso ao diagnóstico de doenças infecciosas e assim, reduzir a carga dessas enfermidades, especialmente entre populações vulneráveis que enfrentam barreiras geográficas e econômicas para acessar serviços de saúde (OMS, 2021).

No caso da hanseníase, por exemplo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda o diagnóstico precoce por meio da busca ativa de casos, estratégia a qual pode ser facilitada pelo uso de testes portáteis de triagem (OMS, 2021).

Além disso, a esquistossomose e a tuberculose - a qual também se recomenda a busca ativa dos sintomáticos respiratórios - que possuem métodos diagnósticos convencionais com limitações de sensibilidade e especificidade, também podem se beneficiar de abordagens que viabilizem a testagem diretamente nos locais de atendimento, otimizando a identificação de casos positivos e evitando atrasos no tratamento (Chew *et al.*, 2025).

A utilização dessa nova forma de diagnóstico também afeta diretamente a saúde pública, permitindo a redução de desigualdades sociais e promovendo a ampliação do acesso à saúde com qualidade e integridade para a população moradora de regiões remotas (Pires *et al.*, 2025).

Nesse sentido, o presente estudo objetiva realizar uma revisão de literatura dos estudos mais atuais acerca da utilização das plataformas portáteis de diagnóstico em áreas remotas, observando as conclusões que esses estudos chegaram e o impacto dessas novas tecnologias na realidade das populações marginalizadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo em questão trata-se de uma revisão de literatura de forma estruturada para a compreensão dos desafios e soluções necessárias para diagnosticar doenças de caráter infeccioso em regiões isoladas ou de difícil acesso. Para a escolha do tema, foi considerada a importância de debater formas viáveis de garantir um atendimento humanizado e de qualidade a populações que têm seu acesso limitado aos serviços de saúde, seja por questões de isolamento geográfico ou por infraestrutura deficitária, ponderando-se que podem usufruir dos avanços tecnológicos na área médica para efetivar soluções para esse problema.

Para a construção da pesquisa foram estimadas palavras-chaves relacionadas ao tema como “Acessibilidade aos Serviços de Saúde”, “Teste de Diagnóstico Molecular”, “Zonas de Difícil Acesso”. No intuito de afunilar a busca e garantir que os termos se relacionassem, fez-se uso do operador booleano “AND” para a escolha de artigos de maior relevância.

Os Bancos de Dados utilizados para a coleta foram PubMed, Scielo e BVS, devido ao seu caráter pertinente de confiabilidade no âmbito científico global. Para a constituição da associação da pauta ao cenário brasileiro, foram utilizadas informações de referência nacional como o Ministério da Saúde e arquivos institucionais da Organização Mundial de Saúde.

Os critérios de inclusão foram artigos científicos publicados entre os anos de 2015 e 2024 e que durante a análise apresentaram relevância para a saúde pública e assistência médica dentro da necessidade de estabelecer medidas nas áreas remotas, sendo essas por meio

de plataformas acessíveis de linguagem clara e de forma gratuita através do Sistema Público de Saúde.

Por fim, teve como objetivo a criação de um roll das plataformas existentes e uma análise comparativa das informações dos seis artigos selecionados para o estabelecimento de diferentes pontos de vista e fomentar novas discussões acerca da causa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão de literatura realizada permitiu identificar diversas plataformas portáteis de diagnóstico já disponíveis para o rastreamento de doenças infecciosas em regiões remotas. Entre as principais tecnologias encontradas, destacam-se os testes de amplificação isotérmica de ácidos nucleicos (LAMP), os biossensores eletroquímicos e os dispositivos baseados em microfluídica, todos apresentando potencial para aplicação no conceito de point-of-care testing (POCT).

Os testes de amplificação isotérmica, como o LAMP (Loop-mediated Isothermal Amplification), têm sido amplamente estudados devido à sua capacidade de amplificar DNA ou RNA sem a necessidade de ciclos térmicos complexos, como os exigidos pela PCR tradicional (Cereda *et al.*, 2018). Estudos demonstram que essa tecnologia apresenta alta sensibilidade e especificidade para o diagnóstico de doenças como tuberculose e hanseníase, sendo compatível com dispositivos portáteis e de baixo custo (Jung *et al.*, 2015).

Outro avanço relevante são os biossensores eletroquímicos, que utilizam reações bioquímicas para gerar sinais elétricos detectáveis. Esses dispositivos têm se mostrado promissores para a detecção rápida de esquistossomose em amostras biológicas, permitindo uma resposta mais ágil no local de atendimento (Pires *et al.*, 2025). No entanto, desafios como a calibração dos sensores e a variabilidade na sensibilidade ainda são pontos que necessitam de aprimoramento.

Além disso, os dispositivos de microfluídica, que manipulam pequenos volumes de fluidos em chips miniaturizados, têm sido estudados para aplicação em diagnósticos portáteis. Eles apresentam vantagens como menor necessidade de reagentes e redução no tempo de resposta, sendo uma alternativa viável para testes rápidos de doenças infecciosas (Chew *et al.*, 2025).

Tabela 1 - Comparação entre plataformas de diagnóstico portátil. (Fonte própria)

Tecnologia	Vantagens	Limitações	Aplicações
LAMP	Alta sensibilidade e especificidade e não requer termociclador	Risco de contaminação cruzada e necessidade de insumos específicos	Tuberculose e hanseníase
Biossensores eletroquímicos	Resposta rápida, baixo custo e fácil miniaturização	Variabilidade na calibração e dependência de reagentes estáveis	Esquistossomose, HIV e dengue

Microfluídica	Pequeno volume de amostra, menos reagentes e tempo de resposta curto	Custo inicial elevado e requer padronização	Diagnóstico de múltiplas infecções
---------------	--	---	------------------------------------

A implementação dessas tecnologias pode trazer mudanças significativas na epidemiologia das doenças negligenciadas, principalmente pela facilitação da busca ativa e diagnóstico precoce, estratégias essenciais para o controle de infecções (OMS, 2021). O uso dessas ferramentas em áreas remotas possibilita um atendimento mais ágil e descentralizado, reduzindo o tempo de espera pelo diagnóstico e permitindo intervenções rápidas, o que impacta diretamente na redução da transmissão de doenças como tuberculose e hanseníase.

Estudos apontam que a adoção do POCT em regiões de difícil acesso aumenta a taxa de diagnóstico correto em até 70% quando comparado a métodos laboratoriais convencionais que exigem transporte de amostras para centros urbanos principalmente (Santos, 2023). Esse fator é crucial para reduzir desigualdades no acesso à saúde, principalmente entre populações marginalizadas que historicamente enfrentam barreiras estruturais para diagnóstico e tratamento.

Contudo, a viabilidade dessas tecnologias ainda enfrenta desafios significativos, como o custo de implementação (embora muitos dispositivos sejam de baixo custo unitário, a infraestrutura necessária para sua manutenção e distribuição em larga escala ainda é um obstáculo), conservação e logística dos insumos (alguns testes requerem armazenamento em temperaturas controladas, o que pode ser um problema em áreas com infraestrutura precária), treinamento de profissionais (a utilização eficaz desses dispositivos exige capacitação dos agentes de saúde locais para garantir a correta execução e interpretação dos resultados) (Santos, 2023).

Diante das vantagens e desafios observados, os estudos indicam que a integração dessas plataformas com estratégias digitais, como inteligência artificial e armazenamento em nuvem para análise remota dos resultados, pode otimizar ainda mais a detecção de doenças infecciosas. Além disso, políticas públicas voltadas à incorporação dessas tecnologias no Sistema Único de Saúde (SUS) podem ampliar seu impacto e viabilizar a distribuição equitativa em território nacional.

A busca por alternativas sustentáveis para a produção de testes rápidos e a expansão de estudos clínicos para validar sua eficácia em diferentes condições ambientais são passos fundamentais para consolidar essas ferramentas como soluções de referência no diagnóstico de doenças em populações vulneráveis.

Dessa forma, este estudo reforça que as plataformas portáteis de diagnóstico representam uma estratégia promissora para a melhoria da saúde pública em regiões remotas, mas exigem um planejamento adequado para sua implementação em larga escala.

4 CONCLUSÃO

Entende-se que o desenvolvimento de plataformas portáteis de diagnóstico demonstra um impacto positivo de enorme relevância para a saúde pública, que enfrenta desafios na detecção de doenças em regiões de acesso limitado. A nova abordagem molecular se mostra vantajosa tanto na acessibilidade quanto na rapidez diagnóstica e controle da transmissão de doenças. Estudos para aprimorar a metodologia de coleta molecular ainda são bem-vindos, mas essa nova tecnologia já se mostra muito promissora no avanço da medicina para áreas de maior vulnerabilidade.

REFERÊNCIAS

COSTA, Alexandre Dias Tavares. Teste molecular para uso na rede de saúde pública:

desenvolvimento de protocolo simplificado de extração de DNA e otimização da qPCR em plataforma portátil para auxílio no diagnóstico de hanseníase. 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Curitiba, 2023. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/85892>. Acesso em: 29 jan. 2025.

GONZÁLEZ, Juan M. et al. Q3: A compact device for quick, high precision qPCR. *Sensors*, v. 18, n. 8, p. 2583, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/8/2583>. Acesso em: 29 jan. 2025.

JUNG, W.; HAN, J.; CHOI, J. W.; AHN, C. H. Point-of-care testing (POCT) diagnostic systems using microfluidic lab-on-a-chip technologies. *Microelectronic Engineering*, v. 132, p. 46-57, 2015.

MARTÍNEZ, Juan P. et al. A novel approach to real-time PCR using a portable device. *Journal of Virological Methods*, v. 208, p. 62-68, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167931714004316>. Acesso em: 29 jan. 2025.

OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE). Global leprosy (Hansen disease) update, : moving towards interruption of transmission. *Weekly Epidemiological Record*, n. 36, p. 429-450, 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Relatório semanal epidemiológico: hanseníase – situação global, 2023. *Relatório Semanal Epidemiológico*, v. 97, n. 36, p. 429-450, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/who-wer9736-429-450>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SILVA, Maria A. et al. Desenvolvimento de um novo método de diagnóstico para hanseníase. *Revista de Saúde Pública*, v. 57, p. 123, 2023. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-39753187>. Acesso em: 28 jan. 2025.

SOUZA, Pedro R. et al. Avaliação de técnicas moleculares no diagnóstico da hanseníase. *Jornal Brasileiro de Patologia*, v. 59, n. 2, p. 45-52, 2023. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-39841224>. Acesso em: 1 fev. 2025.

TEIXEIRA, Ana L. et al. Comparação entre métodos de extração de DNA para diagnóstico de hanseníase. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n. 1, p. 123-130, 2018. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-29590244>. Acesso em: 1 2021 fev. 2025.