

ELETROCARDIOGRAMA AUTOMATIZADO: OS LAUDOS SÃO CONFIÁVEIS?

Ana Paula de Castro Gomes Gervásio¹

Maria Laura Pereira Valladares¹

Nayara Alcântara Silva Sousa¹

Rafael Rodrigues de Mattos¹

Rodrigo Bahia Vasconcelos¹

Ângelo Geraldo José Cunha^{2*}

Resumo

Introdução: O eletrocardiograma (ECG), cujo aparelho foi inventado em 1901, é um exame não invasivo, de baixo custo e de fácil execução, que possibilita a identificação de diversas doenças cardíacas, como o infarto agudo do miocárdio e os distúrbios de ritmo. A maioria dos equipamentos de ECG atuais possui softwares capazes de diagnósticos automatizados utilizando algoritmos como o de Minnesota e o da Associação Americana de Cardiologia. Porém, observa-se que essas análises nem sempre conseguem identificar corretamente todas as alterações e, por isso, a conferência pelo profissional especializado não pode ser dispensada. **Objetivo:** Quantificar a sensibilidade, a especificidade e a acurácia de um programa de análise automatizada que utiliza o algoritmo de Minnesota, em comparação à análise realizada pelo profissional médico treinado.

Material e métodos: Trata-se de estudo observacional, do tipo transversal, em que foram analisados 233 laudos de ECG de indivíduos assintomáticos, procedentes de uma Clínica de Medicina do Trabalho. Os laudos automatizados foram comparados com os laudos emitidos por médico especialista. Foram quantificados: sensibilidade, especificidade e acurácia do Algoritmo de Minnesota. A correlação entre os laudos foi quantificada através do teste de Pearson. **Resultados:** Não houve diferença significativa para os resultados de frequência cardíaca, intervalos (PR e QT), índice de Sokolow-Lyon, estimativa de eixos (P, QRS e T), bem como suas durações. Por outro lado, a sensibilidade, a especificidade e a acurácia do equipamento foram, respectivamente: 66,67%, 88,46% e 83,69%. **Conclusão:** Houve expressiva correlação entre os dados paramétricos dos laudos, porém a baixa sensibilidade e acurácia do laudo automatizado evidenciaram a necessidade da conferência por um avaliador clínico experiente em ECG, evitando assim o emprego de tratamentos desnecessários e potencialmente prejudiciais.

Palavras-chave: Eletrocardiograma. Laudo automatizado. Algoritmo de Minnesota. Acurácia.

Abstract

Introduction: The electrocardiogram (ECG), whose device was invented in 1901, is a non-invasive, low-cost, and easy-to-perform test that enables the identification of various heart diseases, such as acute myocardial infarction and rhythm disorders. Most current ECG equipment has software capable of automated diagnostics using algorithms such as those from Minnesota and the American Cardiology Association. However, it is observed that these analyzes are not always able to correctly identify all the changes and therefore, the conference by the specialized professional cannot be dispensed with. **Objective:** To quantify sensitivity, specificity, accuracy of an automated analysis program that uses the Minnesota algorithm compared to analysis performed by a trained medical professional. **Material and methods:** This is an observational, cross-sectional study, in which 233 ECG reports from asymptomatic individuals from an Occupational Medicine Clinic were analyzed. Automated reports were compared with reports issued by a specialist physician. The sensitivity, specificity and accuracy of the Minnesota Algorithm were quantified. The correlation between the reports was quantified using the Pearson test. **Results:** There was no significant difference for the results of heart rate, intervals (PR, QT), Sokolow-Lyon index, axes estimation (P, QRS and T), as well as their durations. On the other hand, the sensitivity, specificity and accuracy of the equipment were, respectively: 38.89%, 91.62% and 79.39%. **Conclusion:** There was an expressive correlation between the parametric data of the reports, but the low sensitivity and accuracy of the automated report evidenced the need for a conference by a clinical evaluator experienced in ECG, thus avoiding the use of unnecessary and potentially harmful treatments.

Keywords: Electrocardiogram. Automated report. Minnesota Algorithm. Accuracy.

1. Acadêmicos do curso de Medicina da União Educacional do Vale do Aço - Ipatinga, Minas Gerais, Brasil.

2. Graduação em Medicina pela Universidade Federal do Espírito Santo (1992), Doutorado em Clínica Médica pela Universidade de São Paulos (2012). Professor Adjunto do curso de Medicina da UNIVAÇO União Educacional do Vale do Aço - Ipatinga, Minas Gerais, Brasil.

Autor Correspondente:

*Rua João Patrício Araújo, 179, Ipatinga, Minas Gerais, Brasil. CEP: 35164-251. angelo.cunha@univaco.edu.br

Introdução

No Brasil, a principal causa de mortalidade desde 1960 tem sido as doenças cardiovasculares (DCV), com destaque para o infarto agudo do miocárdio, a cardiopatia hipertensiva e as arritmias cardíacas como a fibrilação e o *flutter* atrial, dentre outras. A prevalência das DCV, em 2017, foi estimada em 6.025 por 100 mil habitantes, trazendo grande impacto nos custos da saúde (OLIVEIRA et al., 2020).

No entanto, algumas dessas doenças podem ser diagnosticadas através da realização do eletrocardiograma (ECG), exame não invasivo, de baixo custo e de fácil execução, que permite a identificação de alterações cardíacas e situações de risco de morte (PASTORE et al., 2016; GUARISCH, 2022)

O ECG é realizado com a utilização de um eletrocardiógrafo, aparelho inventado em 1901 pelo fisiologista holandês Willem Einthoven, que possibilitou assim, o estudo não invasivo do funcionamento do coração (PASTORE et al., 2016).

Com o passar do tempo, o eletrocardiógrafo vem sendo continuamente aprimorado e, atualmente, o maior embate técnico envolve a utilização de sistemas computadorizados para o seu registro e análise (SMULYAM, 2019).

A interpretação computadorizada teve início na década de 1950, após a Segunda Guerra Mundial, com a disponibilização do sinal digital. Quase na mesma época, em 1960, foi publicado o Código de Minnesota, de forma a padronizar os diagnósticos eletrocardiográficos, através da classificação da morfologia dos traçados eletrocardiográficos, permitindo assim a sua reprodutibilidade e interpretação em diferentes locais (SMULYAM, 2019; RAUTAHARJU, 2016; RIBEIRO et al., 2013).

Atualmente, uma série de algoritmos tem sido desenvolvidos e a análise automatizada do exame já é uma realidade global. Porém, apesar de reduzir em até 28% o tempo de leitura pelo médico e identificar corretamente o ritmo sinusal e a normalidade no formato das ondas registradas, essas análises foram consideradas menos precisas quando diante de anormalidades do ritmo, da condução e da morfologia das ondas, podendo levar o profissional a condutas incorretas (SMULYAM, 2019; KERSTEN et al., 2021).

Ainda, alguns estudos evidenciam a necessidade da conferência dos resultados pelo profissional médico treinado, aumentando assim, a acurácia do exame (KERSTEN et al., 2021).

Desta forma, este estudo teve por objetivo quantificar a sensibilidade, a especificidade e a acurácia de um programa de análise automatizada que utiliza o algoritmo de Minnesota em comparação à análise realizada pelo profissional médico treinado.

Método

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário do Leste de Minas Gerais - Unileste-MG sob o parecer 1.247.744, em 28/09/2015.

Trata-se de estudo observacional do tipo transversal (ZANGIROLAMI-RAIMUNDO; ECHEIMBERG; LEONE; 2018). Para avaliar a eficiência dos resultados automatizados, foram

avaliados: sensibilidade, especificidade, acurácia e coeficiente de correlação (entre laudos clínicos e laudo automatizado).

Segundo Zangirolami-Raimundo, Echeimberg e Leone (2018), para reduzir os custos e o tempo do trabalho, o pesquisador pode utilizar uma amostra da população estudada, para estimar tais indicadores. Assim, a amostragem foi realizada por conveniência, sendo constituída por adultos (20 a 64 anos), de ambos os sexos, assintomáticos ou portadores de cardiopatias, independentemente de raça, que possuíam pedido médico de ECG, totalizando 233 participantes.

O recrutamento ocorreu em uma Clínica de Medicina do Trabalho, no município de Ipatinga, Minas Gerais, Brasil, no período de março a junho de 2016. Os indivíduos que aceitaram participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e foram submetidos ao exame.

Os resultados foram impressos em três vias. A primeira fazia parte do prontuário do paciente; a segunda e a terceira foram disponibilizadas para o presente estudo. A segunda via ficava de posse dos pesquisadores, sendo a terceira disponibilizada para o médico responsável pela emissão dos laudos. Esta terceira via tinha o laudo automatizado excluído, garantindo a análise cega por parte do especialista.

Inicialmente se procedeu à estatística descritiva dos dados demográficos da amostra (idade e sexo).

Para cada ECG, comparou-se os parâmetros analisados pelo especialista e pelo aparelho, como: ritmo, frequência cardíaca, durações (onda P, espaço PR, complexo QRS e intervalo QT corrigido), índice de Sokolow-Lyon (somatório da onda S na derivação V1 com a onda R da derivação V6), eixos das ondas (P, QRS, T), anormalidades morfológicas e conclusão final. Para a comparação de dados paramétricos, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, sendo considerado fraco (igual ou inferior a 0,3), moderado (entre 0,40 e 0,60) e forte (igual ou superior a 0,70) (FIGUEIREDO FILHO, et al., 2014). Para dados não paramétricos, foi utilizado o teste qui-quadrado (χ^2). O nível de significância estatístico considerado para rejeitar a hipótese nula (H_0) para o teste qui-quadrado foi $p < 0,05$.

A partir de uma tabela de contingência foram calculadas a sensibilidade, a especificidade e a acurácia. Os resultados foram obtidos por cálculos realizados no programa de computador Minitab®, versão 15.1.1.0.

Resultados

Em relação aos dados demográficos, a amostra foi constituída por 233 indivíduos com pedido médico de ECG, com idade entre 20 e 64 anos, assintomáticos ou não. Destes, 228 eram homens (97,85%) e 5 eram mulheres (2,15%). A média/desvio-padrão de idade foi de 39,4/11,5 anos para ambos os grupos.

Houve significativa correlação entre os resultados paramétricos de frequência cardíaca ($r = 0,949$) e índice de Sokolow-Lyon ($r = 0,984$), bem como para a estimativa dos eixos de P, QRS e T ($r = 0,822$, $0,916$ e $0,901$, respectivamente).

Para as durações, o teste qui-quadrado (χ^2) não evidenciou diferença significativa entre os resultados obtidos pelo laudo clínico e automatizado. Os resultados estão expressos na Tabela 1.

TABELA 1 - Teste comparativo para durações (onda P, complexo QRS e intervalo QT)

Parâmetro	χ^2	Valor crítico de χ^2	Valor p
Onda P	0,107	3,84	> 0,05
Complexo QRS	5,617	5,99	> 0,05
Intervalo QT	0,00	3,84	> 0,05

Na análise dos laudos, o estudo clínico identificou um bloqueio de ramo direito que não foi confirmado pelo resultado automatizado. E o laudo automatizado por sua vez, identificou 14 casos de infarto agudo do miocárdio, que não foram confirmados pela análise clínica.

Quanto ao laudo final, os ECGs foram classificados em 4 grupos: ECGs com resultados dentro da normalidade (classificados como sem alterações tanto pela análise do especialista quanto pelo aparelho), ECGs alterados (aqueles que apresentaram alterações pela análise do especialista e pelo aparelho), ECGs superinterpretados (exames que apresentaram alterações pelo aparelho e normalidade pela análise do especialista) e por fim, ECGs mal interpretados (não ficaria melhor sub-interpretados?) (quando a análise do especialista apontou anormalidades e o aparelho apresentou análise sem alterações), obtendo-se o resultado descrito no quadro 01.

Desta forma, obteve-se os seguintes resultados para sensibilidade, especificidade e acurácia da análise do laudo final pelo aparelho automatizado: 66,67%, 88,46% e 83,69%.

QUADRO 1 – Resultado da comparação do laudo final entre a análise do especialista e do aparelho automatizado.

Classificação	Nº de exames
ECGs com resultados dentro da normalidade	161
ECGs alterados	34
ECGs super interpretados	21
ECGs mal interpretados	17
Total	233

Discussão

A interpretação automatizada dos ECG tem ganhado cada vez mais espaço, mas ainda assim erros ocorrem o tempo todo e, por isso, recomenda-se que todos os laudos sejam revisados por um profissional treinado (SMULYAM, 2019). Desta forma, vários estudos buscam quantificar a eficiência destes aparelhos, comparando o resultado automatizado com a análise de um profissional treinado.

Estudos demonstram que o equipamento é bem preciso para detectar ritmos normais e, com isso, permite reduzir o tempo de análise pelo profissional médico. Porém, podem levar a um aumento na taxa de erros de análise dos intérpretes porque, uma vez sugestionados, acabam optando por intervenções inadequadas para o paciente, como a anticoagulação (LINDOW et al., 2019; KERSTEN et al., 2021).

Outro estudo demonstrou que, quando os profissionais

tiveram em mãos o laudo automatizado, eles interpretaram corretamente 68% dos casos, em comparação com 53% de interpretações corretas quando a avaliação computadorizada não estava disponível. No entanto, quando o diagnóstico realizado pelo computador estava incorreto, o número de interpretações corretas pelos profissionais foi menor (LINDOW et al., 2019).

Ainda Lindow et al. (2019) chamaram a atenção para a necessidade de análise e correção do laudo automatizado por um profissional médico treinado. O trabalho destes autores analisou o resultado automatizado do ECG de 988 pacientes que receberam o diagnóstico de fibrilação atrial (FA) ou *flutter* atrial, sendo o diagnóstico falso em 9% deles, resultando em um valor preditivo positivo de 91%.

De acordo com Schlöpfer e Wellens (2017), a mediana da acurácia dos softwares é 6,6% menor que a dos especialistas, e o diagnóstico é mais frequentemente incorreto na presença de arritmias, ritmos não sinusais, distúrbios de condução e ritmos de marcapasso. Porém, o tempo de análise pelos profissionais mais experientes diminuiu e a acurácia na interpretação de síndromes coronarianas agudas aumentou.

Já em um trabalho conduzido na Coreia do Sul, foram identificados 217 ECGs computadorizados com interpretações errôneas em relação à FA, sendo 98 superinterpretações e 119 erros de interpretação. Os ritmos mais frequentemente confundidos foram o ritmo sinusal, a taquicardia sinusal e a arritmia sinusal. Neste caso, a especificidade da interpretação foi estimada em 98,9% e a sensibilidade em 87,6% (HWAN BAE et al., 2012).

Ainda em relação ao estudo anterior, nos chama atenção o fato de que em 15 dos 98 casos de superinterpretação, o ECG não foi corrigido e os pacientes receberam tratamento para FA. Já nos 119 casos de erros de interpretação como não FA, 02 casos de *flutter* atrial não foram corrigidos (HWAN BAE et al., 2012).

De acordo com Estes (2013), o ECG automatizado apresenta sensibilidade, especificidade e acurácia de, respectivamente, 95%, 66,3% e 88% na interpretação de ritmo sinusal e de 72%, 93% e 54% em relação a ritmo não sinusal.

Em nosso estudo, os resultados evidenciaram uma significativa eficiência do equipamento para determinar dados paramétricos como a frequência cardíaca e o índice de Sokolow-Lyon, o que pode ser útil em casos como a taquicardia ou a bradicardia sinusal e a sobrecarga de ventrículo esquerdo. Além disso, houve uma boa eficiência para estimar os eixos, levando a uma melhor identificação de bloqueios de ramos e, principalmente, de fascículos, onde a única anormalidade registrada é o desvio significativo do eixo.

Outro resultado expressivo foi a capacidade de o equipamento determinar com boa precisão a duração das ondas e dos intervalos, o que é bastante útil para casos de anormalidades de condução, como a síndrome de pré-excitação, os bloqueios atrioventriculares e os bloqueios de ramo, bem como as síndromes que cursam com QT longo ou curto.

Quanto à eficiência diagnóstica final, os resultados evidenciaram uma sensibilidade e uma acurácia intermediária e uma melhor especificidade. Ou seja, o software e os algoritmos utilizados pelo equipamento são mais úteis em casos de eletrocardiogramas normais. Mesmo assim, há que

se considerar certas ressalvas. A principal delas é quanto ao grau de concordância. Por exemplo, o equipamento emitiu laudo de anormalidades do segmento ST compatível com infarto agudo do miocárdio em 14 ocasiões, não confirmadas com o laudo médico. Por outro lado, um laudo médico de bloqueio completo de ramo direito não foi confirmado pelo resultado automatizado.

Como sugestão para trabalhos futuros em relação ao tema, destaca-se a necessidade de um número maior de avaliadores para analisar laudos clínicos, amostra mais expressiva em relação a algoritmos, permitindo concluir diferenças em um único estudo, uma população mais igualitária entre homens e mulheres e, por fim, uma maior variação em relação aos laudos clínicos, evidenciando patologias cardíacas para verificar melhor a sensibilidade do aparelho quando se refere a doenças cardíacas.

Conclusão

Os resultados do presente estudo permitem concluir que, embora o algoritmo de Minnesota tenha apresentado resultados confiáveis para ritmo, frequência, durações e eixos, a sensibilidade e a acurácia ainda são inferiores à análise médica.

Portanto, a análise por um médico experiente em eletrocardiograma ainda é de fundamental importância na confiabilidade do diagnóstico, impactando na tomada de decisões. Sendo assim, o ECG automatizado deve ser considerado adjuvante e não substituto.

Referências

ESTES, N. A. Computerized interpretation of ECGs: supplement not a substitute. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, v.6, n.1, p.2-4.

FIGUEIREDO FILHO, D.B.; ROCHA, E. C.; SILVA JR, J.; PARANHOS, R.; NEVES, J. A. B.; SILVA, M. B. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson: O retorno. *Leviathan*, v.8, p.66-95, 2014.

GUARISCH, A. Artigo: Uma breve história do eletrocardiograma. Disponível em: <https://cbc.org.br/artigo-uma-breve-historia-do-eletrocardiograma/>. Acesso em : 07 mar 2022.

HWAN BAE, M.; HOON LEE, J.; HEON YANG, D.; SIK PARK, H.; CHO, Y.; CHULL CHAE, S.; JUN, J. E. Erroneous computer electrocardiogram interpretation of atrial fibrillation and its clinical consequences. *Clin Cardiol*, v.35, n.6, p.348-353, 2012.

KERSTEN, D. J.; D'ANGELO, K.; VARGAS, J.; VERMA, G.; MALIK, U.; SHAVOLIAN, S.; ZELTSER, R.; HAI, O.; MAKARYUS, A. N. Determining the clinical significance of computer interpreted electrocardiography conclusions. *Am J Cardiovasc Dis.*, v.11, n.3, p. 375-381, 2021.

LINDOW, T.; KRON, J.; THULESIUS, H., LJUNGSTRÖM, E.; PAHLM, O. Erroneous computer-based interpretations of

atrial fibrillation and atrial flutter in a Swedish primary health care setting. *Scandinavian Journal of Primary Health Care*, v.37, n.4, p. 426-433, 2019.

OLIVEIRA, G. M. M.; BRANT, L. C. C.; POLANCZYK, C. A.; BIOLO, A.; NASCIMENTO, B. R.; MALTA, D. C. et al. Cardiovascular Statistics – Brazil 2020. *Arq. Bras. Cardiol.*, v.115, n.3, p.308-439, 2020.

PASTORE, C. A.; PINHO, J. A.; PINHO, C.; SAMESIMA, N.; FILHO, H. G. P.; KRUSE, J. C. L. et al. III Diretrizes da sociedade brasileira de cardiologia sobre análise e emissão de laudos eletrocardiográficos. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 106, n. 4 p. 1-23, 2016.

RAUTAHARJU, P. M. Eyewitness to history: Landmarks in the development of computerized electrocardiography. *Journal of Electrocardiology*, n. 49, p. 1 -6, 2016.

RIBEIRO, A. L.; PEREIRA, S. V. C.; BERGMANN, K.; LADEIRA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. M.; LOTUFO, P. A. et al. Desafios à implantação do centro de leitura de eletrocardiografia no ELSA-Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, n.2, p. 87-94, 2013.

SCHLÄPFER, J.; WELLENS, H. J. Computer-Interpreted Electrocardiograms: Benefits and Limitations. *J Am Coll Cardiol.*, v.70, n.9, p.1183-1192, 2017.

SMULYAM, H. The computerized ECG: Friend and Foe. *The American Journal of Medicine*, v.132, n.2, p. 153-160, 2019..

ZANGIROLAMI-RAIMUNDO, J.; ECHEIMBERG, J. O.; LEONE, C. Tópicos de metodologia de pesquisa: Estudos de corte transversal. *J. Hum. Growth Dev.*, v. 28, n. 3, p. 356-360, 2018.