

UNIVERSIDADE SANTO AMARO

CURSO DE MEDICINA

Declaração de entrega do Trabalho de Conclusão de Curso

Declaro que o trabalho intitulado Inteligência Artificial no Diagnóstico de Nódulos Tireoidianos realizado pelo(s) aluno(s) Fabiana Waquil Nasralla e Beatriz Carraca Pitta está apto para entrega, apresentação e avaliação das bancas nomeadas.

Prof. Dr. Leonardo de Souza Piber

Assinatura do Orientador do Trabalho

UNIVERSIDADE SANTO AMARO

CURSO DE MEDICINA

Fabiana Waquil Nasralla

Beatriz Carraca Pitta

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO DE NÓDULOS
TIREOIDIANOS**

São Paulo

2024

Fabiana Waquil Nasralla

Beatriz Carraca Pitta

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO DE NÓDULOS TIREOIDIANOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Medicina da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Medicina.

Orientador: Prof. Leonardo de Souza Piber

São Paulo

2024

N214i Nasralla, Fabiana Waquil.
Inteligência artificial no diagnóstico de nódulos tireoidianos /
Fabiana Waquil Nasralla, Beatriz Carraca Pitta. – São Paulo, 2024.
22 p. : il., P&B.
Orientador: Leonardo de Souza Piber.

TCC Graduação. (Curso Superior em Medicina) - Universidade
Santo Amaro, 2024.
Bibliografia incluída.

1. Diagnóstico. 2. Inteligência Artificial. 3. Tireoide. I. Pitta, Beatriz
Carraca. II. Piber, Leonardo de Souza, orient. III. Universidade Santo
Amaro. IV. Título.

CDD 155.671

Fabiana Waquil Nasralla

Beatriz Carraca Pitta

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO DE NÓDULOS
TIREOIDIANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Medicina da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Medicina.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Souza Piber

São Paulo, 21 de junho de 2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Leonardo de Souza Piber

Orientador

Profa. Dra. Patricia Colombo de Souza

Avaliadora

Profa. Dra. Gecilmara Salviato Pileggi

Avaliadora

Conceito Final

Fabiana Waquil Nasralla, Beatriz Carraca Pitta, Leonardo de Souza Piber. *Inteligência Artificial no Diagnóstico de Nódulos Tireoidianos*. [Trabalho de Conclusão de Curso]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade Santo Amaro, 2024.

INTRODUÇÃO: A tireoide é uma glândula localizada no pescoço, que desempenha um papel essencial na regulação de órgãos vitais e do metabolismo, produzindo e armazenando os hormônios tireoidianos T3 e T4, que influenciam a taxa metabólica e a geração de calor no corpo. Problemas na tireoide podem ser generalizados, como as tireoidites autoimunes, ou localizados, como nódulos e tumores. Nódulos tireoidianos são comuns na população e precisam de diagnósticos precisos, frequentemente auxiliados por tecnologias de imagem e pelo sistema TI-RADS, que classifica os nódulos para determinar o tratamento adequado, evitando intervenções desnecessárias. A adoção de tecnologias como o diagnóstico auxiliado por computador (CAD) nos diagnósticos médicos visa aumentar a precisão e reduzir erros, melhorando o diagnóstico de condições como o câncer de tireoide e diminuindo a necessidade de biópsias e cirurgias desnecessárias para a avaliação e tratamento de doenças da tireoide. **OBJETIVO:** O objetivo desta revisão consiste em analisar os tipos de diagnóstico assistido por computador (CAD) para os nódulos de tireoide. **METODOLOGIA:** Trata-se de uma revisão narrativa, fundamentada em artigos científicos publicados entre os anos de 2010 ao ano de 2024, nas bases de dados PubMed, Scielo, Google Acadêmico e Cochrane, relacionando os descritores “*Diagnosis*”, “*Computer-Assisted AND thyroid*”, “*thyroid cancer*”, “*Diagnóstico*”, “*Inteligência artificial*”, “*câncer de tireoide e nódulo*”. **DISCUSSÃO:** Wan-Jun Zhao et al. (2019) afirmam que o avanço dos sistemas de diagnóstico auxiliado por computador (CAD), especialmente com técnicas de inteligência artificial (IA) como o aprendizado profundo, está transformando a prática médica ao apoiar radiologistas na interpretação de imagens de ultrassom. Sistemas CAD, como o S-Detect, analisam automaticamente grandes volumes de dados de imagem para identificar e classificar nódulos tireoidianos, reduzindo a variabilidade nas avaliações manuais. Embora CAD ofereça vantagens, como a redução de subjetividade, ainda enfrenta desafios significativos, como segmentação imprecisa e falsos positivos. Outros estudos, como os de Acharya et al. (2014) e Sorrenti et al. (2022), ressaltam a necessidade de métodos de diagnóstico precisos e não invasivos para identificar nódulos malignos devido ao aumento de câncer de tireoide, destacando a eficácia das tecnologias CAD com IA e aprendizado de máquina (ML). **CONCLUSÃO:** A medicina digital inaugura uma nova era, melhorando o diagnóstico e tratamento de doenças da tireoide. Contudo, é crucial desenvolver tecnologias e colaborar continuamente. CADs devem ser ferramentas de apoio, não soluções finais, com a colaboração entre sistemas e radiologistas sendo essencial para diagnósticos precisos.

Palavras-chave: “*Diagnóstico*”. “*Inteligência artificial*”. “*Câncer de tireoide e nódulo*”.

ABSTRACT

BACKGROUND: The thyroid gland, situated in the neck, is essential for regulating vital organs and metabolism by producing and storing thyroid hormones T3 and T4. These hormones influence metabolic rate and heat generation in the body. Thyroid-related issues can be widespread, such as autoimmune thyroiditis, or localized, like nodules and tumors. Thyroid nodules are prevalent in the general population and require precise diagnoses, often facilitated by imaging technologies and the TI-RADS system. This system classifies nodules to determine appropriate treatment, avoiding unnecessary interventions. The integration of technologies such as computer-aided diagnosis (CAD) in medical diagnostics aims to enhance accuracy and reduce errors, improving the diagnosis of conditions like thyroid cancer and minimizing the need for unnecessary biopsies and surgeries. This review aims to analyze various types of computer-assisted diagnosis (CAD) for thyroid nodules.

METHODOLOGY: This narrative review is based on scientific articles published between 2010 and 2024, sourced from databases including PubMed, Scielo, Google Scholar, and Cochrane. The search utilized descriptors such as "Diagnosis," "Computer-Assisted and thyroid," "thyroid cancer," "Diagnosis," "Artificial intelligence," and "thyroid cancer and nodule."

RESULTS AND DISCUSSION: Wan-Jun Zhao et al. (2019) highlight that advancements in computer-aided diagnosis (CAD) systems, particularly those utilizing artificial intelligence (AI) techniques like deep learning, are revolutionizing medical practice by aiding radiologists in interpreting ultrasound images. CAD systems, such as S-Detect, automatically analyze large volumes of image data to identify and classify thyroid nodules, thereby reducing variability in manual evaluations. Despite the benefits, including reduced subjectivity, CAD systems still face challenges like inaccurate segmentation and false positives. Other studies, including those by Acharya et al. (2014) and Sorrenti et al. (2022), underscore the necessity for accurate and non-invasive diagnostic methods to identify malignant nodules due to the rising incidence of thyroid cancer. These studies emphasize the effectiveness of CAD technologies incorporating AI and machine learning (ML). **CONCLUSION:** Digital medicine marks a new era in enhancing the diagnosis and treatment of thyroid diseases. However, the development and continuous collaboration are crucial. CAD systems should serve as support tools rather than definitive solutions, with the collaboration between systems and radiologists being vital for achieving accurate diagnoses.

Keywords: "Diagnosis", "Computer-Assisted AND thyroid", "Thyroid cancer",

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 METODOLOGIA	11
2.1 Delineamento	11
2.2 Local	11
2.3 Critérios de inclusão	11
2.4 Critérios de exclusão	11
2.5 Tipos de estudos	11
2.6 Bases de dados	11
2.7 Período de publicação	12
2.8 Idiomas	12
2.9 Descritores em saúde e Estratégia de Busca	12
2.10 Seleção dos estudos	12
2.11 Coleta de Dados	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4 CONCLUSÃO/ CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20

Inteligência Artificial no Diagnóstico de Nódulos Tireoidianos

Artificial Intelligence in the Diagnosis of Thyroid Nodules

NASRALLA, Fabiana Waquil¹

PITTA, Beatriz Carraca²

PIBER, Leonardo de Souza³

RESUMO

A tireoide é uma glândula localizada no pescoço, ela desempenha um papel essencial na regulação de órgãos vitais e do metabolismo, produzindo e armazenando os hormônios tireoidianos T3 e T4, que influenciam a taxa metabólica e a geração de calor no corpo. Problemas na tireoide podem ser generalizados, como as tireoidites autoimunes, ou localizados, como nódulos e tumores. Nódulos tireoidianos são comuns na população e precisam de diagnósticos precisos, frequentemente auxiliados por tecnologias de imagem e pelo sistema TI-RADS, que classifica os nódulos para determinar o tratamento adequado, evitando intervenções desnecessárias. A adoção de tecnologias como o diagnóstico auxiliado por computador (CAD) nos diagnósticos médicos visa aumentar a precisão e reduzir erros, melhorando o diagnóstico de condições como o câncer de tireoide e diminuindo a necessidade de biópsias e cirurgias desnecessárias para a avaliação e tratamento de doenças da tireoide. O objetivo desta revisão consiste em analisar os tipos de diagnóstico assistido por computador (CAD) para os nódulos de tireoide. Trata-se de uma revisão narrativa, fundamentada em artigos científicos publicados entre os anos de 2010 ao ano de 2024, nas bases de dados PubMed, Scielo, Google Acadêmico e Cochrane, relacionando os descritores “*Diagnosis*”, “*Computer-Assisted AND thyroid*”, “*thyroid cancer*”, “*Diagnóstico*”, “*Inteligência artificial*”, “*câncer de tireoide e nódulo*”. Wan-Jun Zhao et al. (2019) afirmam que o avanço dos sistemas de diagnóstico auxiliado por computador (CAD), especialmente com técnicas de inteligência artificial (IA) como o aprendizado profundo, está transformando a prática médica ao apoiar radiologistas na interpretação de imagens de ultrassom. Sistemas CAD, como o S-Detect, analisam automaticamente grandes volumes de dados de imagem para identificar e classificar nódulos tireoidianos, reduzindo a variabilidade nas avaliações manuais. Embora CAD ofereça vantagens, como a redução de subjetividade, ainda enfrenta desafios significativos, como segmentação imprecisa e falsos positivos. Outros estudos, como os de Acharya et al. (2014) e Sorrenti et al. (2022), ressaltam a necessidade de métodos de diagnóstico precisos e não invasivos para identificar nódulos malignos devido ao aumento de câncer de tireoide, destacando a eficácia das

¹ Graduando em Medicina da Universidade Santo Amaro. fwnasralla@gmail.com

² Graduando em Medicina da Universidade Santo Amaro. biacpitta@gmail.com

³ Professor Orientador. Titulação, Universidade Santo Amaro -SP – lpiber@prof.unisa.br

tecnologias CAD com IA e aprendizado de máquina (ML). A medicina digital inaugura uma nova era, melhorando o diagnóstico e tratamento de doenças da tireoide. Contudo, é crucial desenvolver tecnologias e colaborar continuamente. CADs devem ser ferramentas de apoio, não soluções finais, com a colaboração entre sistemas e radiologistas sendo essencial para diagnósticos precisos.

ABSTRACT

The thyroid gland, situated in the neck, is essential for regulating vital organs and metabolism by producing and storing thyroid hormones T3 and T4. These hormones influence metabolic rate and heat generation in the body. Thyroid-related issues can be widespread, such as autoimmune thyroiditis, or localized, like nodules and tumors. Thyroid nodules are prevalent in the general population and require precise diagnoses, often facilitated by imaging technologies and the TI-RADS system. This system classifies nodules to determine appropriate treatment, avoiding unnecessary interventions. The integration of technologies such as computer-aided diagnosis (CAD) in medical diagnostics aims to enhance accuracy and reduce errors, improving the diagnosis of conditions like thyroid cancer and minimizing the need for unnecessary biopsies and surgeries. This review aims to analyze various types of computer-assisted diagnosis (CAD) for thyroid nodules. This narrative review is based on scientific articles published between 2010 and 2024, sourced from databases including PubMed, Scielo, Google Scholar, and Cochrane. The search utilized descriptors such as “Diagnosis,” “Computer-Assisted and thyroid,” “thyroid cancer,” “Diagnosis,” “Artificial intelligence,” and “thyroid cancer and nodule.” Wan-Jun Zhao et al. (2019) highlight that advancements in computer-aided diagnosis (CAD) systems, particularly those utilizing artificial intelligence (AI) techniques like deep learning, are revolutionizing medical practice by aiding radiologists in interpreting ultrasound images. CAD systems, such as S-Detect, automatically analyze large volumes of image data to identify and classify thyroid nodules, thereby reducing variability in manual evaluations. Despite the benefits, including reduced subjectivity, CAD systems still face challenges like inaccurate segmentation and false positives. Other studies, including those by Acharya et al. (2014) and Sorrenti et al. (2022), underscore the necessity for accurate and non-invasive diagnostic methods to identify malignant nodules due to the rising incidence of thyroid cancer. These studies emphasize the effectiveness of CAD technologies incorporating AI and machine learning (ML). Digital medicine marks a new era in enhancing the diagnosis and treatment of thyroid diseases. However, the development and continuous collaboration are crucial. CAD systems should serve as support tools rather than definitive solutions, with the collaboration between systems and radiologists being vital for achieving accurate diagnoses.

Keywords: “*Diagnosis*”. “*Computer-Assisted AND thyroid*”. “*Thyroid cancer*”.

1 INTRODUÇÃO:

A Tireoide é uma glândula bilateral, que depende de estímulos do TSH (hormônio estimulador da tireoide), que é secretado pela hipófise¹. Ela se encontra na região cervical infra-hióidea e está intimamente relacionada a outras estruturas, sendo elas: as glândulas paratireóide, as artérias tireóideas superior, artéria tireóidea direita e tireóidea esquerda, além dos nervos laríngeos recorrentes e os nervos laríngeos superiores, além disso, ela regula a função de órgãos importantes como o coração, o cérebro, o fígado e os rins.^{1,2,3}

A glândula tireoide demonstra habilidade tanto na secreção quanto no armazenamento dos hormônios tireoidianos¹. Estes hormônios são organizados em estruturas esféricas chamadas ácinos, cada um constituído por uma única camada de células que circundam um espaço interno preenchido com colóide, predominantemente contendo tireoglobulina^{1,5}. O controle da atividade da glândula tireoide é realizado pelo hormônio estimulante da tireoide (TSH), que ao se ligar aos seus receptores (TSHR), ativa a produção de hormônios tireoidianos por meio da chamada proteína G. Esta ativação resulta no aumento dos níveis de cAMP e Ca²⁺ dentro das células^{1,5}. A partir desses sinais, são produzidos reguladores de grande importância para o crescimento e desenvolvimento do metabolismo^{4,5}.

A glândula tireoide sintetiza aproximadamente 100µg de T4 e 6µg de T3 diariamente, sendo este último o hormônio ativo que desencadeia respostas celulares¹. A maior parte do T3 circulante é derivada da conversão periférica do T4, e seu principal efeito é estimular a síntese proteica, aumentando a produção de RNA^{1,2}. Entre as funções primárias dos hormônios tireoidianos T3 e T4 estão a regulação da taxa metabólica e a produção de calor¹. Eles agem por meio de receptores proteicos específicos presentes nas células-alvo, operando através de um mecanismo de alta afinidade e especificidade^{2,3}. Os hormônios tireoidianos podem penetrar na membrana plasmática celular por difusão simples devido à sua natureza molecular lipofílica, ligando-se então aos seus receptores nucleares e modificando a transcrição de genes específicos^{1,2,4}.

As disfunções associadas a essa glândula podem variar em sua natureza. Podem ser difusas, caracterizadas pela presença de um infiltrado linfocítico e de anticorpos, como observado na tireoidite crônica autoimune com bócio, ou na tireoidite crônica autoimune atrófica^{6,7}.

Por outro lado, podem ser focais, envolvendo nódulos e neoplasias. Os nódulos tireoidianos são uma manifestação clínica comum e estão associados a diversas condições metabólicas da tireoide, sendo as mais reconhecidas o hipertireoidismo e o hipotireoidismo^{6,7,8}.

Os nódulos tireoidianos são muito prevalentes. Estes são encontrados em aproximadamente 8% da população adulta por meio de palpação e 50% por exame patológico em autópsia e atualmente, se enquadra no quinto principal diagnóstico de câncer em mulheres. Nos exames físicos de rotina, são encontrados em 6,4% das mulheres e 1,5% dos homens. Se avaliada por ecografia, a prevalência aumenta para 20% a 76%⁹. O Instituto Nacional de Câncer (INCA) estimou que para cada ano do triênio 2020/2023, fossem diagnosticados no Brasil 13.780 novos casos de câncer de tireoide (1.830 em homens e 11.950 em mulheres). Esses valores correspondem a um risco estimado de 1,72 casos a cada 100 mil homens e 11,15 casos a cada 100 mil mulheres¹⁰.

Embora apenas 5% dos nódulos que podem ser sentidos sejam cancerígenos, é crucial identificá-los e tratá-los corretamente^{9,11}. Atualmente, técnicas de imagem como cintilografia, ultrassonografia (US), tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) são usadas para examinar os nódulos de tireoide, mas não conseguem distinguir com segurança entre lesões benignas e malignas^{11,12}.

Em razão dessa dificuldade, diversas diretrizes têm sido desenvolvidas para classificar nódulos tireoidianos (NTs) como benignos ou malignos por meio de ultrassonografia convencional¹². Em 2011, Kwak et al. propuseram o Thyroid Imaging Reporting and Data System (TI-RADS) conhecido como Kwak TI-RADS, que categoriza os nódulos de acordo com o número de características ultrassonográficas suspeitas¹². Em 2015, a American Thyroid Association (ATA) também lançou diretrizes clínicas para a classificação de NTs. Em 2016, a Associação Coreana de Tireoide/Sociedade Coreana de Radiologia da Tireoide (KTA/KSThR) introduziu um padrão intuitivo que combina os recursos do ultrassom e define quatro categorias de risco de malignidade. Em 2017, a Sociedade Americana de Radiologia (ACR) apresentou a versão mais recente do TI-RADS, baseada em validação clínica e evidências em larga escala¹².

O objetivo do TIRADS é categorizar os nódulos em diferentes grupos conforme o nível de suspeita de malignidade¹³. A classificação do ACR TI-RADS varia de 1

(benigno) a 5 (alta suspeita de malignidade). A partir do TI-RADS 3, a necessidade de punção aspirativa por agulha fina (PAAF) ou acompanhamento clínico depende do tamanho do nódulo. Por exemplo, a PAAF é recomendada para nódulos com um centímetro ou mais e classificados como TI-RADS 5. No caso dos nódulos classificados como TI-RADS 3 (baixo risco de malignidade), a biópsia é indicada apenas se o nódulo tiver 2,5 cm ou mais. Essa abordagem visa evitar procedimentos invasivos, como biópsias, de maneira indiscriminada¹¹.

A análise da aparência ecográfica de um nódulo, pode ser classificada como homogênea ou heterogênea, sólida, cística ou mista, e apresentar características como hipoecoica, isoecoica, mista ou hipoecoica¹³. No entanto, a definição dessas características é subjetiva e depende da experiência do operador. Nos últimos anos, houve esforços para tornar a avaliação da estrutura ecográfica dos nódulos mais objetiva, visando padronizar relatórios, melhorar a identificação do risco de malignidade e evitar biópsias desnecessárias. Esses atributos que diferenciam cada nódulo, têm sido empregados no sistemas de diagnóstico assistido por computador (CAD), a expectativa é que tais aplicações reduzam potenciais erros diagnósticos e viabilizem uma análise mais rápida e precisa dos dados médicos¹⁴.

O CAD funciona analisando imagens médicas e destacando áreas de interesse que podem conter anormalidades, como lesões, tumores, calcificações, ou outras características suspeitas¹⁴. Ele utiliza algoritmos de inteligência artificial para identificar padrões e diferenças sutis que podem não ser facilmente perceptíveis aos olhos humanos. Essa tecnologia é particularmente útil em exames de rastreamento, onde pode ajudar a aumentar a sensibilidade na detecção de condições médicas, como câncer de mama, câncer de pulmão, anormalidades na tireoide e lesões vasculares^{14,15}. Existem diferentes tipos de CAD que podem ser utilizados para otimizar o diagnóstico de nódulos tireoidianos, eles se diferenciam pela sensibilidade, especificidade, valor preditivo (positivo e negativo), acurácia e razão de verossimilhança (positiva e negativa)^{14,15,16}.

Essa otimização dos resultados para diagnosticar neoplasias tireoidianas são de extrema importância, pois com a melhor caracterização e identificação dos nódulos com comportamento agressivo, será possível diminuir as indicações de biópsias e cirurgias desnecessárias para avaliação e tratamento das patologias

tireoidianas¹⁶. Diante disso, o objetivo desse estudo foi analisar os tipos de diagnóstico assistido por computador (CAD) para os nódulos de tireoide.

2 METODOLOGIA

2.1 Delineamento

Trata-se de revisão narrativa com ênfase na performance dos testes diagnósticos

São cinco as principais características de performance dos testes diagnósticos com resultados numéricos: sensibilidade, especificidade, valor preditivo (positivo e negativo), acurácia e razão de verossimilhança (positiva e negativa).

2.2 Local

Será realizada nas bases de dados: Google Acadêmico, Scielo, LILACS via BIREME, MEDLINE via PubMed e COCHRANE.

2.3 Critérios de inclusão

Todas as revisões que abordem diagnóstico assistido por computador especificamente para nódulos de tireoide.

2.4 Critérios de exclusão

Revisões que não abordam diagnóstico assistido por computadores ou não estejam relacionadas a glândula tireoide.

2.5 Tipos de estudos

Serão incluídos artigos que abordam o tema, que tenham imagens de métodos diagnósticos, que estejam de acordo com o objetivo da pesquisa e que estejam disponíveis online em texto completo.

2.6 Bases de dados

As bases de dados serão Google Acadêmico, Scielo, LILACS via BIREM, MEDLINE via PubMed e COCHRANE.

2.7 Período de publicação

Serão pesquisados todos os estudos que abordem o tema publicados nos últimos 15 anos nas bases de dados acima referidas.

2.8 Idiomas

Inglês e português.

2.9 Descritores em saúde e Estratégia de Busca

Serão selecionados artigos sobre diagnósticos assistidos por computador para nódulos de tireoide. Descritores: *Diagnosis, Computer-Assisted AND thyroid, thyroid cancer, Diagnóstico, Inteligência artificial, câncer de tireoide e nódulo*

2.10 Seleção dos estudos

Os pesquisadores discentes triarão, avaliarão e confirmarão a elegibilidade dos artigos de acordo com os critérios de inclusão. Qualquer divergência será resolvida consultando o orientador (LSP).

2.11 Coleta de Dados

A coleta de dados seguirá a seguinte premissa:

- a) Leitura exploratória de todo o material selecionado (leitura rápida que objetiva verificar se a obra consultada é de interesse para a pesquisa);
- b) Leitura seletiva (leitura mais aprofundada das partes que realmente interessam do artigo científico);
- c) Análise, compreensão dos resultados e registro das informações extraídas das fontes em instrumento específico (autores e ano), bem como cópia das imagens, das legendas e dados relevantes relacionados aos casos.

3 DISCUSSÃO/RESULTADOS:

Wan-Jun Zhao et al, 2019 afirma que a evolução dos sistemas de diagnóstico auxiliado por computador (CAD), especialmente os que utilizam técnicas avançadas de inteligência artificial (IA), como o aprendizado profundo, o qual gera diretamente um conjunto de funções de transformação e características de imagem a partir de dados, revoluciona a prática médica, oferecendo suporte aos radiologistas na interpretação de imagens de ultrassom¹⁷. Estes sistemas CAD, como o S-Detect, analisam automaticamente um grande volume de dados de imagem para identificar nódulos tireoidianos, diferenciando os benignos dos malignos. Esta automação reduz a variabilidade intra e interobservadora, que é um desafio significativo quando a avaliação é feita manualmente, especialmente por médicos menos experientes¹⁷.

O autor concluiu que apesar das vantagens, como a análise quantitativa que minimiza a subjetividade e a variação na avaliação dos radiologistas, o CAD ainda enfrenta desafios significativos na prática clínica. Estudos indicam que, embora a sensibilidade dos sistemas CAD possa ser comparável a dos radiologistas experientes, sua especificidade e taxa de detecção de razão de odds (OR) ainda são inferiores¹⁷. Isso se deve, em parte, à segmentação imprecisa e ao processamento de tempo necessário que podem resultar em falsos positivos. Ademais, características como a calcificação dos nódulos ainda requerem melhorias técnicas nos algoritmos para que os sistemas CAD atinjam um nível de eficácia clínica plenamente confiável¹⁷.

Futuras melhorias nos sistemas CAD devem focar no aprimoramento da segmentação e do reconhecimento de imagem, assim como na integração de diferentes modalidades de imagem, para uma análise mais abrangente e precisa. Além disso, é crucial que estudos prospectivos com amostras maiores sejam realizados para avaliar mais profundamente o desempenho diagnóstico desses sistemas¹⁷.

Concomitantemente, Di Zhang et al, em sua revisão publicada em 2021, apresenta os mesmos pontos abordados por Wan-Jun Zhao et al, em 2019^{12,17}. Ambos concluíram em suas publicações que enquanto os sistemas CAD baseados em IA representam um avanço promissor na precisão diagnóstica das análises de imagem, especialmente para médicos em formação, eles ainda devem ser considerados como ferramentas de suporte e não como soluções definitivas^{12,17}. A

colaboração entre esses sistemas e os radiologistas experientes continua sendo vital para garantir diagnósticos precisos e eficazes, maximizando os benefícios clínicos e minimizando as limitações^{12,17}.

Mantendo o mesmo padrão U. Rajendra Acharya et al, 2014, e Salvatore Sorrenti et al, 2022 em suas revisões registraram que crescente aumento na incidência de câncer de tireoide nas últimas décadas sublinha a necessidade urgente de métodos de diagnóstico precisos e não invasivos, que possam identificar eficazmente nódulos malignos de maneira precoce^{15,16}. Neste contexto, a ultrassonografia tem se destacado como uma ferramenta fundamental, mas sua eficácia muitas vezes depende da experiência do radiologista. Para superar essa limitação, os sistemas de diagnóstico assistido por computador (CAD) têm sido desenvolvidos, aproveitando avanços em inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina (ML)^{15,16}.

Esses sistemas CAD utilizam métodos estatísticos e estruturais para extrair características texturais e vasculares das imagens de ultrassom, como a Matriz de Coocorrência de Níveis de Cinza (GLCM) e a Dimensão Fractal (FD), além de parâmetros vasculares de imagens CEUS 3D^{15,16}. Estas características são cruciais para distinguir entre nódulos benignos e malignos. A Radiômica, um campo que se concentra na extração de grandes quantidades de características quantitativas de imagens médicas, tem sido combinada com técnicas sofisticadas de ML, incluindo o Aprendizado Profundo (DL), para analisar esses dados de imagem de maneira mais abrangente^{15,16}.

Os classificadores como SVM, KNN, e redes neurais convolucionais (CNNs) são então aplicados para interpretar estas características, mostrando-se altamente eficazes na identificação da malignidade dos nódulos tireoidianos. Tais tecnologias não apenas fornecem uma segunda opinião objetiva aos médicos, mas também têm o potencial de reduzir a necessidade de biópsias por aspiração com agulha fina (FNAB), que são procedimentos mais invasivos e onerosos^{15,16}.

O sistema TIRADS foi criado para aumentar a precisão do ultrassom convencional na identificação de nódulos tireoidianos. Contudo, sua utilização na prática clínica ainda é restrita e variada; especificamente, há diferentes tipos de TIRADS, e sua aplicação é subjetiva, o que resulta em uma significativa variabilidade entre observadores^{15,18}.

Segundo Salvatore Sorrenti et al, a maior parte da literatura atual examina a precisão diagnóstica de diversos tipos de redes neurais convolucionais bem treinadas, comparando-as com a precisão alcançada por radiologistas de diferentes níveis de experiência. Todos os estudos avaliados indicaram que as CNNs apresentam uma alta precisão diagnóstica geral, acima de 90%, o que é semelhante à precisão dos radiologistas especialistas. Em especial, a maioria dos estudos revela uma precisão diagnóstica comparável¹⁵.

Wang, et al., em 2020, realizou um estudo com imagens ultrassonográficas, em que a acurácia da Inteligência Artificial integrada com TIRADS foi de $68.7 \pm 7.4\%$. Wildman-Tobriner, et al., em 2010 realizou o mesmo tipo de estudo, concluindo que o ACR TIRADS (Thyroid Imaging Reporting and Data System do American College of Radiology) teve acurácia de 0.91, já o AI TIRADS teve acurácia de 0.93, notando uma pequena melhora na especificidade e facilidade de uso. Seguindo a mesma linha de estudo, Watkins, et al., em 2021 concluiu que BTA, ACR TIRADS e IA TIRADS têm performances diagnósticas comparáveis quanto a sensibilidade e especificidade¹⁵.

Sendo assim, a introdução de sistemas de classificação automatizada, como o TIRADS adaptado para IA, ajuda a reduzir a variabilidade interobservador e a apoiar na formação de profissionais menos experientes, assegurando que o diagnóstico de nódulos tireoidianos seja o mais acurado possível. No entanto, apesar do potencial dessas tecnologias, ainda existem desafios significativos, incluindo a necessidade de generalizar os modelos para operar de forma consistente em diferentes máquinas de imagem e a realização de estudos mais abrangentes para validar o desempenho desses sistemas em diversos cenários clínicos¹⁵.

Os idealizadores concluem que a utilização de sistemas CAD baseados em IA e ML na ultrassonografia tireoidiana representa um avanço significativo na prática médica, promovendo um diagnóstico mais preciso e menos dependente da subjetividade humana. Contudo, é essencial que pesquisas contínuas sejam conduzidas para explorar plenamente o potencial dessas ferramentas e mitigar quaisquer limitações existentes, garantindo que o impacto na prática clínica seja tanto positivo quanto transformador^{15,16}.

Jae Hoon Moon et al, 2019 e Ilaria Girolam et al, 2020 acordam que a integração da inteligência artificial (IA) e da aprendizagem de máquina (ML) na medicina digital está revolucionando a prática médica, especialmente na área da

tireoidologia. A análise de imagem, um componente crucial nesta revolução, é amplamente utilizada tanto na detecção de nódulos tireoidianos através de ultrassonografias quanto na avaliação patológica de amostras coletadas por aspiração por agulha fina (FNA)^{18,19}.

No contexto da ultrassonografia, os avanços em IA e ML têm permitido uma diferenciação mais precisa entre nódulos benignos e malignos. Esta capacidade de análise detalhada não só melhora a precisão diagnóstica, mas também auxilia na tomada de decisão sobre a necessidade de procedimentos invasivos, como a FNA. Por outro lado, na patologia da tireoide, a digitalização de lâminas inteiras e o uso de algoritmos de IA têm mostrado grande promessa. Estes algoritmos são capazes de analisar características celulares com precisão, ajudando a superar a subjetividade e variabilidade entre observadores na análise citológica das amostras de FNA, que é um desafio notório neste campo^{18,19}.

Essas tecnologias também enfrentam desafios significativos para sua adoção em larga escala. Por exemplo, a qualidade das amostras e as diferenças técnicas, como o tamanho dos arquivos em patologia digital, podem afetar a eficácia dos algoritmos de IA^{18,19}. Além disso, apesar das potenciais aplicações clínicas, a validação e aprovação regulatória dessas soluções ainda são necessárias para garantir sua segurança e eficácia^{18,19}.

Os autores concluem que a medicina digital, impulsionada pelo desenvolvimento e integração de tecnologias como IA e ML, representa uma nova era na evolução médica, com potencial para impactar positivamente tanto o diagnóstico quanto o tratamento de doenças da tireoide^{18,19}. A adoção dessas tecnologias pode melhorar significativamente a precisão diagnóstica, reduzindo a necessidade de procedimentos invasivos e proporcionando uma gestão mais eficiente das doenças da tireoide. No entanto, é crucial que os especialistas em tireoide se envolvam ativamente no desenvolvimento e teste dessas tecnologias para superar os desafios existentes e maximizar seu potencial clínico^{18,19}.

Em contrapartida, Martina Sollini et al, 2018, em sua revisão qualitativa expõe que a literatura apresenta controvérsias sobre sua utilidade na diferenciação de nódulos tireoidianos e no prognóstico do câncer de tireoide²⁰. A precisão diagnóstica e a AUC (Area Under the Curve) variam consideravelmente entre os estudos, dificultando a avaliação de seu impacto na prática clínica. Além disso, os sistemas CAD baseados em textura enfrentam desafios de comparabilidade e

reprodutibilidade devido a fatores como protocolos de imagem e métodos de segmentação. Apesar de fornecer parâmetros objetivos, questões metodológicas precisam ser resolvidas para tornar os resultados mais consistentes. Um artigo recente aborda esses desafios e propõe critérios de avaliação e diretrizes de relatório para padronizar a análise de textura²⁰.

A aprendizagem profunda tem sido amplamente utilizada na análise de imagens médicas, oferecendo uma abordagem que não requer a identificação prévia de características da imagem. No entanto, essa abordagem enfrenta o desafio da "caixa preta", onde o algoritmo pode tomar decisões sem uma explicação clara. Isso é especialmente problemático na medicina, onde a responsabilidade é crucial²⁰. Estratégias estão sendo desenvolvidas para entender melhor as decisões dos algoritmos, incluindo a combinação de estatísticas bayesianas com redes profundas para estimar a incerteza das previsões. Isso pode ajudar os médicos a avaliar a confiabilidade das previsões, acelerando assim a adoção dessas tecnologias na prática clínica²⁰.

Nonhlanhla et al, em 2021 publicou um estudo no qual foi realizada análise de ultrassonografia de 198 pacientes buscando analisar o desempenho do AmCAD-UT na diferenciação de nódulos tireoidianos com base em diferentes configurações, comparando-as com as configurações padrão. Os resultados mostraram que o desempenho diagnóstico foi maior com as configurações padrão, mas ajustes leves proporcionam melhorias na sensibilidade e especificidade para determinadas TIRADS²¹.

Comparado a estudos anteriores, os resultados foram consistentes em termos de sensibilidade e AUROC para usuários menos experientes. No entanto, futuras pesquisas são necessárias para entender melhor como a experiência do usuário do CAD influencia os resultados. Além disso, a análise de características de ultrassom revelou que muitos nódulos diagnosticados erroneamente exibiam características típicas tanto de malignidade quanto de benignidade, destacando a importância da correlação clínica para um diagnóstico preciso²¹. No entanto, o estudo enfrentou limitações, como a falta de dados histopatológicos completos e o viés de seleção, o que destaca a necessidade de estudos futuros mais robustos e padronizados para validar esses resultados²¹.

Com base neste estudo, o desempenho diagnóstico do AmCAD-UT foi melhor para todos os 6 TIRADS na configuração padrão. Essa configuração foi a melhor

para maximizar a sensibilidade para todos os TIRADS. No entanto, há potencial para melhorar a especificidade sem comprometer a sensibilidade em uma configuração de detecção de focos hiperecogênicos de 3,5, com outras configurações mantidas nos valores medianos²¹. O autor constatou que estudos prospectivos adicionais são necessários para validar esses achados²¹.

4 CONCLUSÃO:

Conclui-se que a medicina digital representa uma nova era na evolução médica, com potencial para melhorar significativamente o diagnóstico e tratamento de doenças da tireoide, embora a colaboração contínua e o desenvolvimento de tecnologias sejam cruciais para superar as limitações existentes. Os CADs devem ser ferramentas de suporte, não soluções definitivas, com colaboração contínua entre sistemas e radiologistas experientes sendo essencial para diagnósticos precisos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. GUYTON, A.C. e Hall J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Editora Elsevier. 13ª ed., 2017
2. COSTANZO, L.S. **Fisiologia**. 6ª Edição, Editora Elsevier, 2018.
3. BARRETT; BARMAN; BOITANO; BROOKS. **Fisiologia Médica de Ganong**. 24a ed. 2014.
4. OLIVEIRA, A. S. Transporte de hormônios tireoideanos em hemáceas de pacientes com hipertireoidismo ou hipotireoidismo primário. p. 104, 2009.
5. NUNES, M. T. Hormônios tiroideanos: mecanismo de ação e importância biológica. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 47, p. 639–643, 1 dez. 2003. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302003000600004>
6. HEEP, KARLA MUNIKE MAGRI CORTEZ. Avaliação da indicação das biópsias de tireoide segundo a classificação ti-rads. 2018. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Medicina, Universidade Federal da Fronteira do Sul, Passo Fundo, 2018.
7. MENDES, L. F. DA S. et al. Horizontes atuais da ultrassonografia na investigação de nódulos e câncer de tireoide. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 12, p. e251111234565–e251111234565, 13 set. 2022.
8. PIRES, A. T.; MUSTAFÁ, A. M. M.; MAGALHÃES, M. O. G. The 2017 ACR TI-RADS: pictorial essay. *Radiologia Brasileira*, v. 55, n. 1, p. 47–53, fev. 2022.
9. JANOVSKY, C. C. P. S. et al. Thyroid cancer burden and economic impact on the Brazilian public health system. *Archives of Endocrinology and Metabolism*, v. 62, n. 5, p. 537–544, out. 2018. <https://doi.org/10.20945/2359-3997000000074>
10. Estatística para Câncer de Tireoide. Disponível em: <<https://www.oncoguia.org.br/conteudo/estatistica-para-cancer-de-tireoide/7406/234/>>. Acesso em: 20 mar. 2024.
11. Tessler FN. et al. ACR Thyroid Imaging, Reporting and Data System (TIRADS): White Paper of the ACR TI-RADS Committee. *Journal of the American College of Radiology*. 2017; 5(14): 587 - 595.
12. ZHANG, Wei-Bing *et al.* Comparisons of ACR TI-RADS, ATA guidelines, Kwak TI-RADS, and KTA/KSThR guidelines in malignancy risk stratification of thyroid nodules. **Clinical Hemorheology And Microcirculation**, [S.L.], p. 1-14, 4 jan. 2020.

13. Rahal Junior A, Falsarella PM, Rocha RD et al. Correlação entre a classificação Thyroid Imaging Reporting and Data System [TI-RADS] e punção aspirativa por agulha fina: experiência com 1.000 nódulos. *Einstein (São Paulo)* vol.14 no.2 São Paulo Apr./June 2016.
14. SHEN, Y.-T. et al. Artificial intelligence in ultrasound. *European Journal of Radiology*, v. 139, p. 109717, 1 jun. 2021.
15. SORRENTI, S. et al. Artificial Intelligence for Thyroid Nodule Characterization: Where Are We Standing? *Cancers*, v. 14, n. 14, p. 3357, 10 jul. 2022.
16. Acharya UR, Swapna G, Sree SV, Molinari F, Gupta S, Bardales RH, et al. A Review on Ultrasound-Based Thyroid Cancer Tissue Characterization and Automated Classification. *Technology in Cancer Research & Treatment*. 2014 Aug;13(4):289–301.
17. Zhao WJ, Fu LR, Huang ZM, Zhu JQ, Ma BY. Effectiveness evaluation of computer-aided diagnosis system for the diagnosis of thyroid nodules on ultrasound. *Medicine*. 2019 Aug;98(32):e16379.
18. Moon JH, Steinhubl SR. Digital Medicine in Thyroidology: A New Era of Managing Thyroid Disease. *Endocrinology and Metabolism*. 2019;34(2):124.
19. Girolami I, Marletta S, Liron Pantanowitz, Torresani E, Ghimenton C, Mattia Barbareschi, et al. Impact of image analysis and artificial intelligence in thyroid pathology, with particular reference to cytological aspects. 2020 May 7;31(5):432–44.
20. Sollini M, Cozzi L, Chiti A, Kirienko M. Texture analysis and machine learning to characterize suspected thyroid nodules and differentiated thyroid cancer: Where do we stand? *European Journal of Radiology*. 2018 Feb;99:1–8.
21. Chambara N, Liu SYW, Lo X, Ying M. Diagnostic performance evaluation of different TI-RADS using ultrasound computer-aided diagnosis of thyroid nodules: An experience with adjusted settings. Lo CM, editor. *PLOS ONE*. 2021 Jan 15;16(1):e0245617.

