

Avaliação Automatizada de Qualidade e Adesão ao Protocolo de Aquisição de Imagens em Exames de Teledermatologia

Rodrigo P. S. Ribeiro¹, Aldo von Wangenheim^{1,2}

¹Departamento de Informática e Estatística
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis – SC – Brazil

²LabTelemed – Hospital Universitário
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis, SC – Brazil

ribeiro.rodrigo@posgrad.ufsc.br, aldo.vw@ufsc.br

Abstract. *This work addresses the neglected aspect of image quality assessment and adherence to acquisition protocols in teledermatology, proposing machine learning for automation. It focuses on two protocols: Approximation Image and Panoramic Image, predominant in STT/SC exam protocols. Validation involved standard machine learning metrics and an inter-rater agreement study with 11 dermatologists. The combined approach achieved an agreement of 96.68% in an inter-rater study, demonstrating the potential of this automation of image quality assessment and protocol adherence in teledermatology in streamlining specialized analysis.*

Resumo. *Este trabalho aborda o aspecto negligenciado da avaliação da qualidade da imagem e da adesão aos protocolos de aquisição em teledermatologia, propondo aprendizado de máquina para automação. Concentra-se em dois protocolos: Imagem de Aproximação e Imagem Panorâmica, predominantes nos protocolos de exames do STT/SC. A validação envolveu métricas padrão de aprendizado de máquina e um estudo de concordância entre avaliadores com 11 dermatologistas. A abordagem combinada alcançou uma concordância de 96,68% em estudo interavaliadores, demonstrando o potencial desta automatização da avaliação da qualidade da imagem e da adesão ao protocolo em teledermatologia em agilizar a análise especializada.*

1. Introdução

A teledermatologia é uma modalidade de telemedicina que permite o diagnóstico e o tratamento de doenças de pele à distância, por meio de imagens digitais, tendo pesquisas sobre análise automatizada de imagens em dermatologia iniciadas há mais de 20 anos [Pompl et al. 1999, High et al. 2000, Levin and Warshaw 2009]. Desde então com crescente concentração em aplicações de apoio diagnóstico, principalmente no diagnóstico de melanoma, tendo sido a eficácia, generalização e confiabilidade dos diagnósticos fornecidos por tais métodos criticada por alguns autores [Thomsen et al. 2019, Chan et al. 2020, Pai and Pai 2021, Navarrete-Dechent et al. 2018]. Segundo [Lasierra et al. 2012] e [Mckoy et al. 2016], a qualidade e a padronização das imagens são fatores essenciais para a eficácia e a confiabilidade da teledermatologia, pois influenciam na acurácia e na rapidez do diagnóstico. No entanto, a avaliação da qualidade da imagem e da adesão

ao protocolo de aquisição é uma área negligenciada na literatura e na prática da teledermatologia, sendo geralmente realizada de forma manual e subjetiva pelos especialistas [Navarrete-Dechent et al. 2018, Ribeiro and von Wangenheim 2024]. Tais avaliações de qualidade são vitais em teledermatologia assíncrona, onde exames são feitos por profissionais de saúde primários. Mesmo treinados, erros de protocolo e fotográficos podem ocorrer, levando à invalidação do exame pelo teledermatologista. A equipe da unidade de saúde só é informada da invalidação horas ou dias depois, atrasando o diagnóstico e gerando custos adicionais. Em muitos casos, o paciente precisa se deslocar mais de 100 km para repetir o exame [Wangenheim and Nunes 2018b]. Uma validação automatizada de exames de teledermatologia, que verifica a qualidade da imagem e a adesão aos protocolos, seria de grande ajuda ao fornecer *feedback* imediato sobre erros, permitindo a repetição do exame enquanto o paciente ainda está na unidade de saúde, aliviando também o teledermatologista da tarefa de avaliar a qualidade da imagem.

2. Motivação e Objetivos

No Estado de Santa Catarina, no Brasil, devido à composição demográfica do Estado, o câncer de pele representa uma doença com taxas de morbidade de alta preocupação epidemiológica. Em 2023, segundo o Instituto Nacional do Câncer [INCA 2023], houve uma estimativa de 193,34 casos novos por 100 mil habitantes. As neoplasias cutâneas melanoma e não melanoma são, juntas, os tipos de câncer mais comuns em Santa Catarina. Porém, Santa Catarina possui uma rede de telemedicina assíncrona de

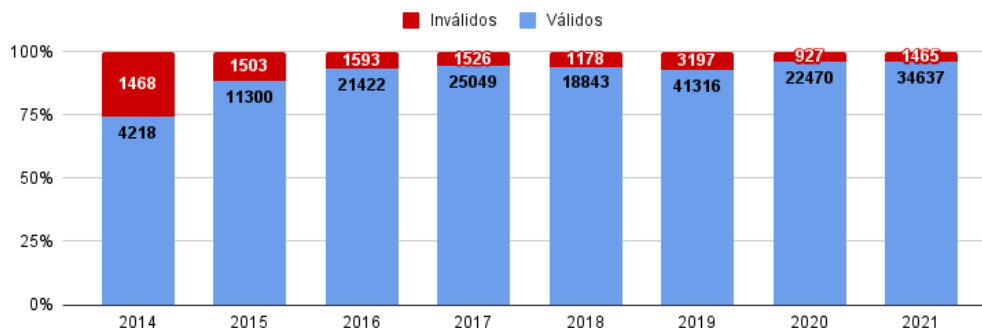


Figura 1. Proporção entre exames válidos e inválidos por ano.

grande escala que cobre 100% do Estado e está em operação há mais de 15 anos, integrando a atenção primária, secundária e terciária em uma única infraestrutura, o Sistema Integrado de Telemedicina e Telessaúde do Estado de Santa Catarina (STT/SC) [Nobre and von Wangenheim 2012, Inacio et al. 2014, Wangenheim and Nunes 2018a]. Entre janeiro/2014 e dezembro/2021, o STT/SC processou 192.112 exames teledermatológicos realizados em unidades básicas de saúde que necessitaram de triagem teledermatológica de pacientes. Um total de 179.255 (93,30%) desses exames foram considerados realizados corretamente do ponto de vista da qualidade da imagem e do protocolo de aquisição. Isso significa que entre janeiro/2014 e dezembro/2021 um total de 12.857 exames de teledermatologia foram invalidados e precisaram ser repetidos. A Figura 1 ilustra a proporção entre exames válidos e inválidos no STT/SC no período de janeiro/2014 a dezembro/2021 e demonstra que as taxas de exames inválidos, vêm caindo continuamente e estão se estabilizando em cerca de 6,7% do total. Esforços de educação continuada

têm gerado uma cultura de “exame digital” nas equipes de saúde primária. No entanto, a alta taxa de invalidação significa que muitos pacientes precisam repetir exames e o tempo de especialistas é gasto em avaliações de qualidade de imagem, não em avaliações diagnósticas [Ribeiro and von Wangenheim 2024]. Neste trabalho, propomos uma abordagem baseada em técnicas de aprendizado de máquina e visão computacional para automatizar a avaliação da qualidade da imagem e da adesão ao protocolo de aquisição em exames de tele dermatologia. Focamos nos critérios de qualidade de dois protocolos de aquisição de imagens: imagem de aproximação e imagem panorâmica, que são comuns a todos os protocolos de tele dermatologia do STT/SC. Validamos nossa abordagem por meio de métricas padrão de aprendizado de máquina e de um estudo de concordância entre avaliadores com 11 dermatologistas.

3. Protocolos Abordados

De acordo com o manual técnico de tele dermatologia do Sistema Integrado Catarinense de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC) [Wagner and Picolotto de Lara 2022], a rotina de aquisição de imagens segue um protocolo de exame (Câncer de Pele ou Outras Dermatoses) e cada protocolo de exame pode conter dois ou mais dos seguintes protocolos de captura de imagem:

- Foto de Aproximação com Régua: fotografia de cada lesão a ser avaliada com uma régua posicionada ao lado para prover uma referência da tamanho da lesão, capturada a cerca de 30cm.
- Foto Panorâmica: fotografia corporal inteira de frente e de costas, capturada a cerca de 3m, e uma fotografia com maior contexto da região afetada capturada a cerca de 1m.
- Foto de Contato (dermatoscópica): fotografia capturada com auxílio de um dermatoscópio acoplado a câmera, com até 10x de aproximação e uso de gel ou óleo específico para dermatoscopia.

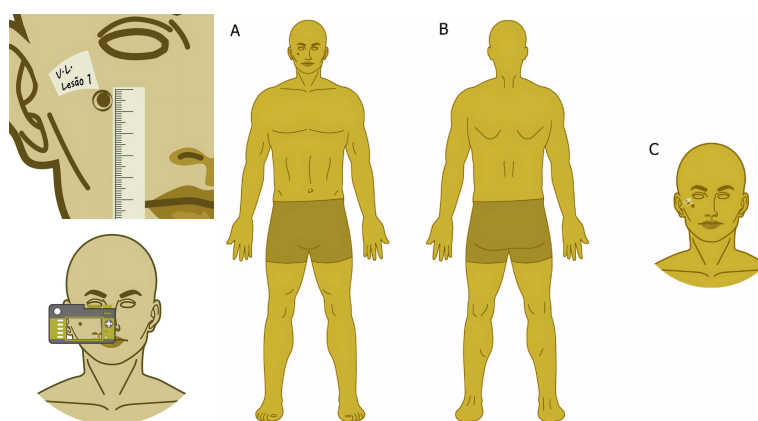


Figura 2. Ilustração do protocolo de Foto de Aproximação (esquerda em cima), Foto de Contato (esquerda em baixo) e Foto Panorâmica (direita) de (A) Frente, (B) Costas e (C) Região afetada.

Deste modo, investigamos métodos de aprendizado de máquina que pudessem responder as seguintes perguntas a respeito das características dos protocolos de Aproximação e Panorâmica:

- Há uma etiqueta presente na imagem?
- Há uma régua presente na imagem?
- Há um corpo inteiro de frente identificável?
- Há um corpo inteiro de costas identificável?

4. Métodos e Resultados

Tabela 1. Resumo dos resultados com métricas padrão e com limiar de 0.75

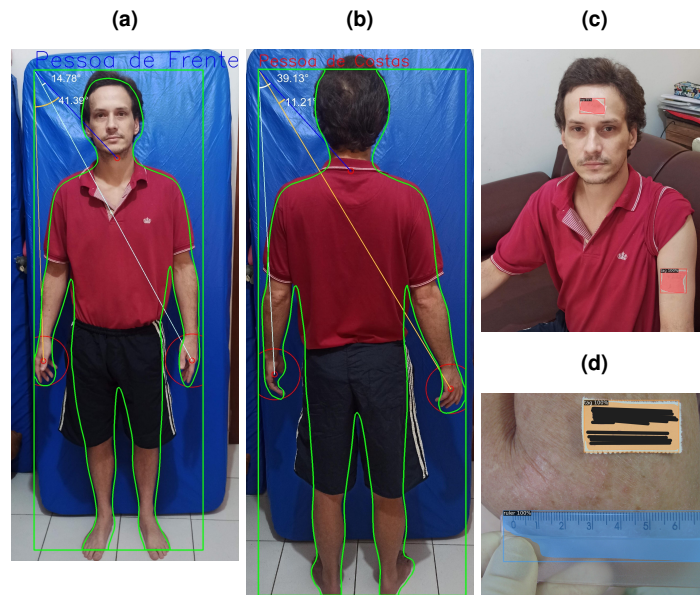
(a) Método de Foto de Aproximação			(b) Método de Foto Panorâmica		
Dataset	mAP	mAP (t=0.75)	Dataset	mAP	mAP (t=0.75)
Validação	96.06	76.60	Panoramic	66.25	64.01
Teste	95.23	75.52	Panoramic Rotated	75.56	69.25
			DensePose Box Ref.	88.10	67.34

De modo a identificar se havia uma etiqueta e régua de identificação da lesão visíveis no protocolo de imagem de aproximação, empregamos a arquitetura Mask-RCNN, que mostrou resultados alcançando uma Precisão Média (mAP) de 95% e 96% em nossos dois conjuntos de dados de validação conforme demonstra a Tabela 1a. Esses números são altos o suficiente para apoiar o uso do Mask-RCNN não apenas em nosso estudo de caso, mas também em outras tarefas relacionadas onde a identificação e localização de um objeto na imagem é necessária para fornecer *feedback* adequado e avaliação de um critério. Por outro lado, para imagens panorâmicas, empregamos Densepose, uma arquitetura de estimativa de pose humana (HPE), para segmentar partes do corpo e identificar sua orientação de modo a identificar um corpo inteiro (completo) na imagem. Nossos primeiros resultados de 66% em mAP (Tabela 1b) ficaram inicialmente marginalmente abaixo da taxa aceitável para aplicações práticas, mas após verificarmos o motivo desse comportamento (variações na orientação da imagem capturada) e impor um padrão de orientação de imagem no conjunto de dados, melhoramos esse resultado para 75%, ressaltando que o resultado pode ser melhorado a) implementando um padrão de orientação de imagem na aquisição de imagem ou b) construindo um novo conjunto de dados de pose que inclua diferentes orientações de imagem no assunto. Com os resultados deste experimento, concluímos que a estimativa de pose humana é um método adequado para tarefas que necessitam de identificação e análise de corpo inteiro, mas podem exigir mais pré-processamento ou uma melhor padronização das imagens para atingir todo o seu potencial. Este experimento com as imagens panorâmicas também ressaltou a importância de se ter um padrão no processo de aquisição de imagens. Após a combinação destas abordagens para um fluxo avaliativo, a taxa de concordância de 96,68% no acordo inter-avaliadores com 11 dermatologistas, coloca esta abordagem combinada muito próxima de uma avaliação especializada. Este resultado reforça o potencial que nosso estudo tem em dar *feedback* adequado e como consequência, reduzir a taxa de exames inválidos devido ao uso errôneo de protocolos de aquisição de imagens no STT/SC, um exemplo visual de resposta pode ser conferido na Figura 3.

5. Conclusão e Discussão

Este estudo visa avaliar a viabilidade de usar algoritmos de aprendizado de máquina para verificar automaticamente a adesão aos protocolos de tele dermatologia. Adotamos uma

Figura 3. Exemplo visual simulado pelo autor do resultado dos métodos



(a) corpo de frente identificado corretamente, (b) corpo de costas identificado corretamente, (c) foto aproximada de contexto com identificação correta das etiquetas e (d) foto de aproximação com identificação correta da etiqueta e régua.

estratégia que aceita falsos negativos, pois exames mal realizados podem ser corrigidos manualmente. Evitamos falsos positivos para não invalidar exames corretos. Nosso trabalho contribui para a verificação automática de padronização de imagens e protocolos, beneficiando sistemas de diagnóstico automatizados e melhorando o processo de triagem e conformidade de imagens.

Esta proposta difere radicalmente de pesquisas anteriores sobre visão computacional aplicada a teledermatologia ao ser utilizada para garantir a qualidade e verificar a adesão aos protocolos em teledermatologia, não para diagnóstico. O objetivo é identificar exames corretos, fornecer *feedback* e evitar deslocamentos desnecessários do paciente. Isso libera os profissionais de teledermatologia para se concentrarem em tarefas de triagem, diagnóstico e encaminhamento. Os métodos deste estudo podem ser aplicados em outras áreas da telemedicina, mostrando o potencial do aprendizado de máquina além do diagnóstico automatizado.

Referências

- Chan, S., Reddy, V., Myers, B., Thibodeaux, Q., Brownstone, N., and Liao, W. (2020). Machine learning in dermatology: Current applications, opportunities, and limitations. *Dermatology and Therapy*, 10(3):365–386. Publisher: Springer Science and Business Media LLC.
- High, W., Houston, M., Calobrisi, S., Drage, L., and McEvoy, M. (2000). Assessment of the accuracy of low-cost store-and-forward teledermatology consultation. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 42:776–83.

- Inacio, A. d. S., Andrade, R., Wangenheim, A. v., and Macedo, D. D. J. (2014). Designing an information retrieval system for the STT/SC. In *2014 IEEE 16th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*. IEEE.
- INCA (2023). *Estimate | 2023 - Cancer Incidence in Brazil*. Instituto Nacional de Câncer (Brasil).
- Lasierra, N., Alesanco, A., Gilaberte, Y., Magallón-Botaya, R., and García, J. (2012). Lessons learned after a three-year store and forward teledermatology experience using internet: Strengths and limitations. *International journal of medical informatics*, 81:332–43.
- Levin, Y. and Warshaw, E. (2009). Teledermatology: A review of reliability and accuracy of diagnosis and management. *Dermatologic clinics*, 27:163–76, vii.
- Mckoy, K., Antoniotti, N., Armstrong, A., Bashshur, R., Bernard, J., Bernstein, D., Burdick, A., Edison, K., Goldyne, M., Kovarik, C., Krupinski, E., Kvedar, J., Larkey, J., Lee-Keltner, I., Lipoff, J., Oh, D., Pak, H., Seraly, M., Siegel, D., and Whited, J. (2016). Practice guidelines for teledermatology. *Telemedicine and e-Health*, 22.
- Navarrete-Dechent, C., Dusza, S. W., Liopyris, K., Marghoob, A. A., Halpern, A. C., and Marchetti, M. A. (2018). Automated dermatological diagnosis: Hype or reality? *Journal of Investigative Dermatology*, 138(10):2277–2279.
- Nobre, L. F. and von Wangenheim, A. (2012). Development and implementation of a statewide telemedicine/telehealth system in the state of santa catarina, brazil. In *Technology Enabled Knowledge Translation for eHealth: Principles and Practice*, pages 379–400. Springer New York, New York, NY.
- Pai, V. V. and Pai, R. B. (2021). Artificial intelligence in dermatology and healthcare: An overview. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 0:1–11. Publisher: Scientific Scholar.
- Pompl, R., Bunk, W., Dersch, D. R., Horsch, A., Stolz, W., Abmayr, W., Brauer, W., Gläbl, A., Schiffner, R., and Morfill, G. (1999). Charakterisierung der farbeigenschaften melanozytärer hautveränderungen zur unterstützung der früherkennung des malignen melanoms. In *Informatik aktuell*, pages 160–164. Springer Berlin Heidelberg.
- Ribeiro, R. d. P. e. S. and von Wangenheim, A. (2024). Automated image quality and protocol adherence assessment of examinations in teledermatology: First results. *Telemedicine and e-Health*, 30(4):994–1005. PMID: 37930716.
- Thomsen, K., Iversen, L., Titlestad, T. L., and Winther, O. (2019). Systematic review of machine learning for diagnosis and prognosis in dermatology. *Journal of Dermatological Treatment*, 31(5):496–510.
- Wagner, H. M. and Picolotto de Lara, M. (2022). Manual teledermatologia: Técnico.
- Wangenheim, A. v. and Nunes, D. H. (2018a). Creating a web infrastructure for the support of clinical protocols and clinical management: An example in teledermatology. *Telemedicine and e-Health*, 25:781–790.
- Wangenheim, A. v. and Nunes, D. H. (2018b). Direct impact on costs of the teledermatology-centered patient triage in the state of santa catarina - analysis of the 2014-2018 data. *INCoD/UFSC*.