



O avanço do NFIQ-2 na avaliação de qualidade de impressões digitais e suas limitações

The advancement of NFIQ-2 in evaluating fingerprint quality and its limitations

Matheus Buratti¹,

Dalcimar Casanova²

RESUMO

O reconhecimento biométrico baseado em impressões digitais é uma tecnologia cada vez mais relevante em várias áreas, incluindo segurança, autenticação e controle de acesso. Para o uso eficiente dos *softwares* de reconhecimento, é necessário garantir uma qualidade mínima da imagem da digital. Este artigo analisa o NFIQ-2, uma métrica de qualidade de imagem de impressão digital, observando seus avanços em relação a sua versão anterior, o NFIQ-1. Utilizando o classificador *Random Forest* e uma lista de características cuidadosamente selecionadas, o NFIQ-2 se destaca por sua capacidade de avaliar imagens de impressões digitais de maneira mais sensível, precisa e mais rápida em relação ao NFIQ-1. Embora não haja um mapeamento direto entre as duas métricas, o NFIQ-2 demonstra vantagens notáveis em termos de estabilidade e capacidade de distinguir entre imagens de alta e baixa qualidade. No entanto, o NFIQ-2 revela limitações ao lidar com imagens de impressões digitais de crianças, consistentemente atribuindo pontuações baixas, independentemente da qualidade real da imagem.

PALAVRAS-CHAVE: identificação biométrica; métricas de qualidade de imagem; reconhecimento biométrico.

ABSTRACT

Fingerprint-based biometric recognition is an increasingly relevant technology in various fields, including security, authentication, and access control. To use recognition software effectively, it is essential to ensure a minimum quality of the fingerprint image. This article examines NFIQ-2, a metric for fingerprint image quality, observing its advancements compared to its previous version, NFIQ-1. By utilizing the Random Forest classifier and a carefully selected list of features, NFIQ-2 distinguishes itself with its ability to assess fingerprint images more sensitively, accurately and faster than NFIQ-1. Although there is no direct mapping between the two metrics, NFIQ-2 shows notable advantages in terms of stability and its capacity to differentiate between high and low-quality images. However, NFIQ-2 reveals limitations when dealing with fingerprint images of children, consistently assigning low scores, regardless of the actual image quality.

KEYWORDS: biometric identification; image quality metrics; biometric recognition.

INTRODUÇÃO

O reconhecimento biométrico tem ganhado destaque na sociedade, sendo aplicado em diversas áreas como segurança bancária, autenticação de dispositivos e controle de acesso. Com o uso crescente de sistemas de identificação biométrica, foi possível estabelecer uma identidade baseado em quem você é, não em algo que você possui, como um cartão, ou algo que você lembra, como uma senha (JAIN; FLYNN; ROSS, 2007). O uso de identificação por meio de digitais já é

¹ Bolsista do PIBIC/CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: matheusburatti@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 9080509784230430.

² Docente no PPGEE. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: dalcimar@utfpr.edu.br. ID Lattes: 4155115530052195.



XIII Seminário de Extensão e Inovação XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - Campus Ponta Grossa, PR



SEI-SICITE
2023

utilizado por humanos a muitos séculos (DATTA et al., 2001), e sua confiabilidade está solidamente comprovada. Comparada com outras características biométricas, como face, iris e voz, sistemas de reconhecimento baseados em digitais são os mais extensivamente estudados e mais amplamente implantados (YANG et al., 2019).

O reconhecimento por meio de digitais se inicia com a captura das imagens das pontas dos dedos, geralmente seguido de uma etapa de pré-processamento para remoção de possíveis ruídos. Em sequência, é feita uma extração de características, que envolve a identificação de pontos de interesse, como bifurcações, terminações e pontos de singularidade, também chamados de minúcias. Esses dados então são armazenados em um banco de dados, onde futuramente podem ser comparados com outra captura para autenticação ou identificação da pessoa, esta última etapa de comparação entre os dados é denominada *matching*.

A acurácia no reconhecimento biométrico geralmente depende de uma boa qualidade da imagem capturada e dos algoritmos de *matching* (YANG et al., 2019). Nesse contexto, métricas de qualidade desempenham um papel fundamental ao categorizar a qualidade das impressões digitais, permitindo uma classificação que varia de melhor para pior qualidade. Isso é fundamental para garantir a precisão e eficácia do reconhecimento biométrico em várias aplicações.

Atualmente, há três principais métricas amplamente reconhecidas para avaliar a qualidade de imagem. A primeira delas é o NFIQ, criada pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*), com código-fonte aberto, destinada a classificar as impressões digitais em cinco categorias de qualidade, da categoria um para as de melhor qualidade até a categoria cinco para as de pior qualidade (TABASSI; WILSON; SCHLENOFF, 2004). O NFIQ-2, também desenvolvido pelo NIST, é uma evolução do NFIQ-1 que oferece melhor precisão e uma escala de pontuação mais ampla, onde pontuações maiores indicam maior qualidade (TABASSI; OLSEN et al., 2021). Por fim, o VERIQ, uma ferramenta proprietária desenvolvida pela *Neurotechnology*, é projetado para funcionar em conjunto com o *software* de reconhecimento biométrico VeriFinger (NEUROTECHNOLOGY, 2023).

Devido à sua característica de código-aberto e também visto que possui uma vasta documentação, o objetivo dessa pesquisa é mapear o NFIQ-2 e analisar sua funcionalidade e a metodologia empregada em seu desenvolvimento, colocando em foco suas características principais. Pretende-se examinar como o NFIQ-2 é utilizado para avaliar a qualidade de imagens de impressões digitais e compreender suas métricas e os parâmetros envolvidos na avaliação. O propósito desta pesquisa é oferecer uma visão abrangente sobre o NFIQ-2 e sua contribuição para a melhoria da precisão e confiabilidade de sistemas biométricos. Além disso, busca-se relatar as vantagens em relação a sua versão anterior, o NFIQ, e também fornecer dados encontrados na literatura em relação às suas limitações relativas a resolução máxima e seu funcionamento com digitais infantis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração deste trabalho, foram utilizadas informações provenientes de uma variedade de fontes, incluindo dados obtidos em diferentes *workshops*, apresentações técnicas e relatórios que foram conduzidos durante o desenvolvimento do NFIQ-2. Além disso, conduziu-se um estudo do



documento de referência (ISO/IEC 29794-4... , 2017), no qual as características e especificações desse software foram formalmente documentadas e padronizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O NFIQ foi desenvolvido em 2004 para medir um valor de qualidade a partir de uma imagem de impressão digital que seja diretamente preditivo do desempenho esperado no *matching*. Com os avanços na tecnologia de impressões digitais desde 2004, uma atualização para o NFIQ foi necessária. O NFIQ-1 possuía poucos níveis de qualidade e apresentava baixa eficiência, demorando até 300 milissegundos por imagem, o que foi considerado lento o suficiente para não ser possível de ser utilizado aplicações em tempo real (TABASSI, 2012). O NFIQ-2 foi pensado com o objetivo de ser uma base para definir e padronizar o conceito de qualidade necessária para que a digital possa ser eficientemente utilizada no reconhecimento biométrico (BAUSINGER, 2012).

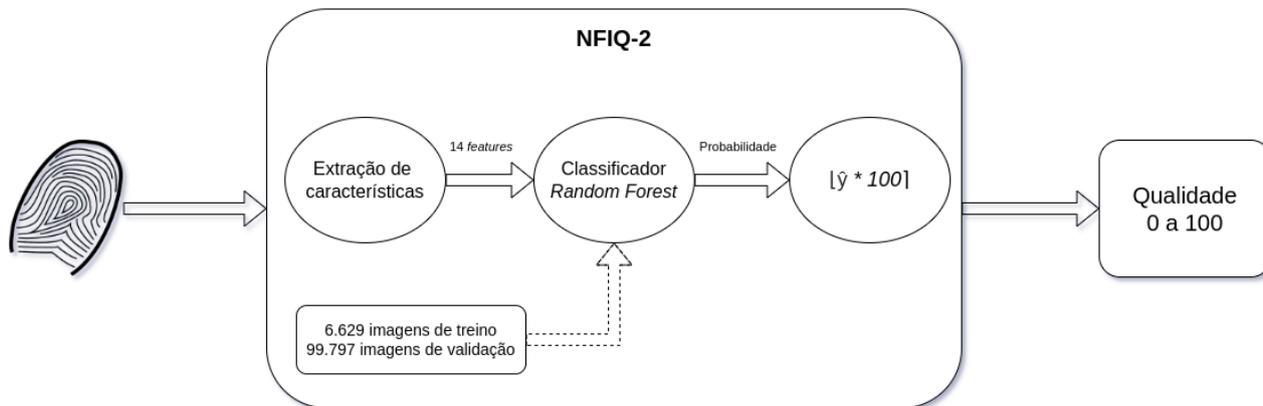
A primeira característica que se destaca ao utilizar o NFIQ-2 é a quantidade de níveis de qualidade. Enquanto sua versão anterior classificava as imagens em apenas 5 categorias diferentes, este consegue produzir uma pontuação para a qualidade de imagem que varia de 0 a 100, onde quanto maior a pontuação, maior a qualidade. Outra melhora significativa é em relação ao tempo de processamento, conseguindo medir a qualidade da imagem em aproximadamente um terço do tempo do NFIQ-1 (TABASSI, 2021).

Outra diferença principal entre as duas versões é o método inteligente utilizado. Para o NFIQ-1 foram utilizadas redes neurais treinadas com 3.400 imagens. Para o NFIQ-2 foram testados alguns métodos como *K-nearest neighbors* (KNN) e *Support Vector Machine* (SVM), por fim sendo utilizado o *Random Forest*, que foi treinado com aproximadamente 6.700 imagens. Para a validação final foram utilizadas cerca de 100.000 imagens mutuamente exclusivas com o conjunto de treino.

Para a escolha das características utilizadas na classificação foi realizada uma revisão de literatura e foram implementadas um total 155 características. Uma lista de candidatos inicial foi desenvolvida removendo características com baixo poder de predição ou com tempo de computação além das limitações previstas para o NFIQ-2. Em seguida foi utilizado coeficiente de correlação de postos de Spearman entre qualquer par de características para remover aquelas redundantes. Por último, parâmetro variável de importância da *Random Forest* foi utilizado para refinar ainda mais a lista, chegando nas 14 características finais (TABASSI; OLSEN et al., 2021).

Para a criação do conjunto de imagens de treino foram utilizadas imagens em escala de cinza 8-bits previamente comprimidas utilizando *Wavelet Scalar Quantization* (WSQ). As imagens foram cuidadosamente selecionadas e classificadas em duas classes. A primeira consiste de imagens com a classificação NFIQ-1 de 1 com ativação maior que 0.7 e *genuine score* acima de 90%. A segunda consiste de imagens com NFIQ-1 de 5 com ativação maior que 0.9 e *genuine score* menor que um valor limite que corresponde ao *false match rate* de 1 em 10.000. A pontuação do NFIQ-2 é probabilidade de uma imagem pertencer a uma classe multiplicada por 100 e arredondada para o inteiro mais próximo (TABASSI; OLSEN et al., 2021). O mapa do funcionamento geral do NFIQ-2 pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa do NFIQ-2



Fonte: Elaborado por autores (2023)

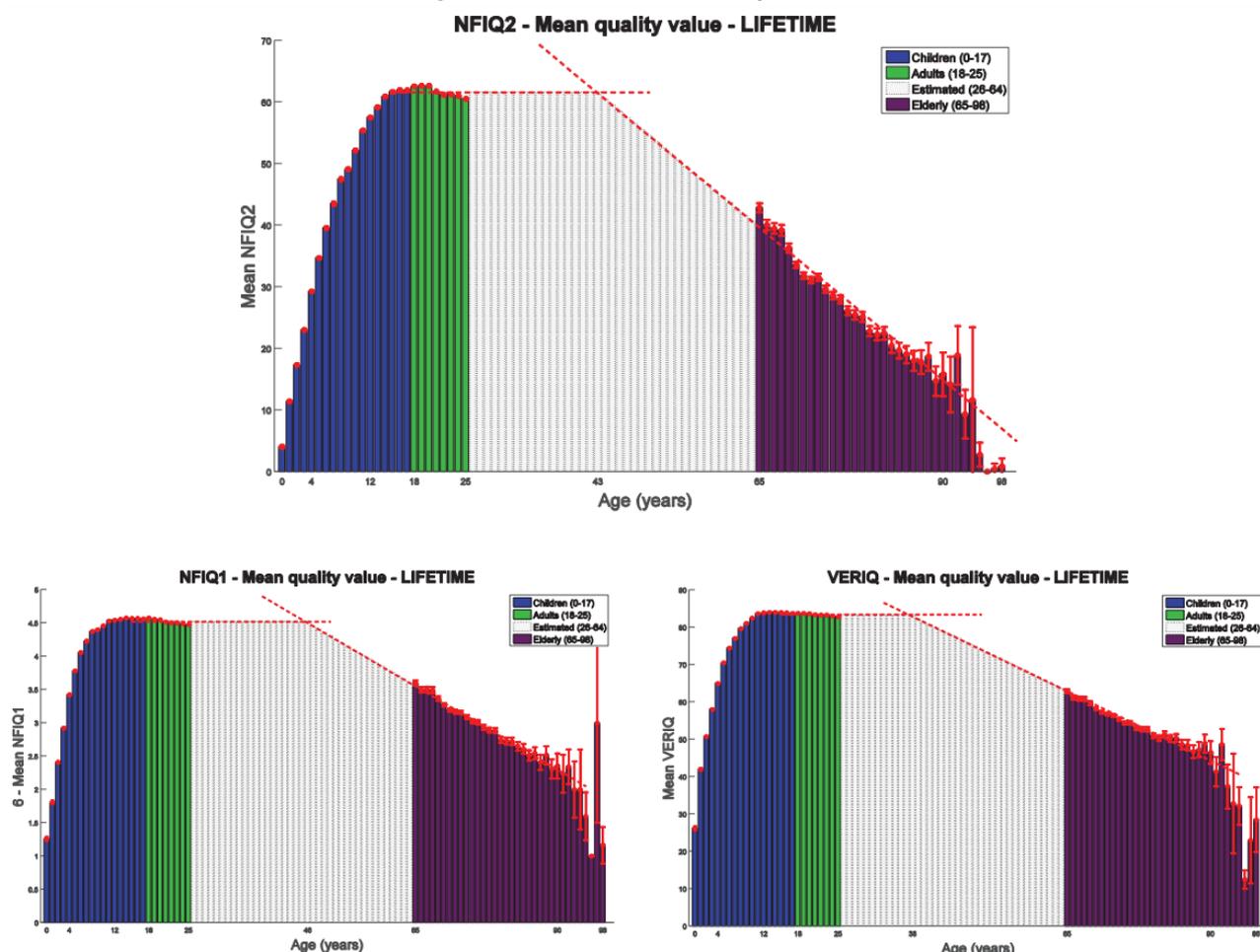
Por meio de uma análise qualitativa visual, são demonstrados alguns casos onde o NFIQ-2 mostra uma melhor escolha em relação a sua versão anterior, onde muitas digitais de boa qualidade, porém com marcas de envelhecimento, são classificadas pelo NFIQ-1 na categoria 5, ou seja, pior qualidade, ainda recebem uma boa pontuação pelo NFIQ-2, recebendo uma pontuação maior que 35. O NFIQ-2 também consegue perceber borrões parciais nas digitais e rejeitá-las, enquanto o NFIQ-1 geralmente classificaria como boas (COHEN, 2021). É observado também que o NFIQ-2 aparenta ser supersensível ao contraste da digital. Em geral, os resultados do NFIQ-2 aparentam ser mais estáveis em relação ao NFIQ-1.

Não existe uma correlação direta da classificação do NFIQ-1 para o NFIQ-2, apesar disso, a relação entre as duas métricas pode ser resumida em 3 pontos principais: em geral, as pontuações 1 e 2 do NFIQ-1 podem ser mapeadas para um limite de 20 no NFIQ-2, para NFIQ-1 = 3 é necessário um limite de 35, porém aproximadamente 50% das digitais ainda são rejeitadas; e para 4 e 5 algumas digitais são resgatadas pelo NFIQ-2, possivelmente incorretamente classificadas pelo NFIQ-1 (COHEN, 2021).

Embora continuem a surgir novas métricas de qualidade, as métricas mais consolidadas e amplamente citadas na literatura no contexto do reconhecimento biométrico são as três citadas anteriormente, em particular, o NFIQ-2. O NFIQ-2 representa um progresso notável no campo da avaliação de qualidade de impressões digitais, contribuindo para aprimorar a confiabilidade e eficiência dos sistemas biométricos. Entretanto, o NFIQ-2 não resolve todos os problemas do reconhecimento biométrico, existem limitações do *software* ao lidar com imagens de impressões digitais de crianças, onde são consistentemente atribuídas pontuações baixas independentemente da qualidade real da imagem (GALBALLY; HARAKSIM; BESLAY, 2018). Outros trabalhos mostram uma pontuação NFIQ-2 média para crianças de 2,62, enquanto para adultos, nas mesmas condições de captura, a média é de 45,98 (CAMACHO et al., 2017). Além disso, o NFIQ-2 consegue medir a qualidade apenas de imagens com o máximo de 500 ppi (*pixels per inch*), resolução suficiente para crianças com mais de 12 meses, porém insuficiente para crianças de 6 meses (JAIN; ARORA et al., 2016). É importante ressaltar que este problema não acontece apenas com o NFIQ-2, como pode ser observado na Figura 2.



Figura 2 – Média das métricas por idade



Fonte: (GALBALLY; HARAKSIM; BESLAY, 2018)

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Em resumo, o NFIQ-2 representa um avanço significativo na avaliação da qualidade das impressões digitais, estabelecendo-se como uma ferramenta inestimável para aprimorar a precisão e eficácia do reconhecimento biométrico, padronizando qual é a qualidade necessária para reconhecimento e demonstrando as características mais importantes para serem utilizadas ao realizar a avaliação da qualidade. As melhorias alcançadas pelo NFIQ-2 são cruciais para garantir que apenas as impressões digitais de qualidade suficiente sejam utilizadas em processos de reconhecimento biométrico, resultando em uma redução significativa de falsas correspondências e aumentando a confiabilidade do sistema.

Apesar de seus aspectos positivos, essa métrica se mostra inadequada para o uso com digitais de crianças e, em função dessa presente limitação, recomenda-se para trabalhos futuros a implementação de uma nova métrica, utilizando os padrões estabelecidos pelo NFIQ-2, que contemple o funcionamento com digitais infantis, introduzindo este tipo de imagem nos conjuntos de dados utilizados no treino e na validação do modelo inteligente, e viabilizando também o uso com digitais de maior resolução.



Agradecimentos

- O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — Brasil (Edital UTFPR/PROPPG n.º 02/2022 — PIBIC).

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

- BAUSINGER, Oliver. Motivation and Use Cases for NFIQ 2.0. [S.l.], mar. 2012. Disponível em: [↗](#). Acesso em: 5 set. 2023.
- CAMACHO, Vanina et al. **Recognizing infants and toddlers over an on-production fingerprint database**. [S.l.: s.n.], 2017. P. 1–5.
- COHEN, Mickey. NFIQ-1/2 Observations Initial results Shanit. [S.l.], jun. 2021. Disponível em: [↗](#).
- DATTA, Ashim K et al. **Advances in fingerprint technology**. [S.l.]: CRC press, 2001.
- GALBALLY, Javier; HARAOKSIM, Rudolf; BESLAY, Laurent. Fingerprint quality: A lifetime story. In: IEEE. 2018 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG). [S.l.: s.n.], 2018. P. 1–5.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 29794-4**. Standard. Geneva, CH, set. 2017.
- JAIN, Anil K; ARORA, Sunpreet S et al. Fingerprint recognition of young children. **IEEE Transactions on Information Forensics and Security**, IEEE, v. 12, n. 7, p. 1501–1514, 2016.
- JAIN, Anil K; FLYNN, Patrick; ROSS, Arun A. **Handbook of biometrics**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2007.
- NEUROTECHNOLOGY. **VeriFinger SDK: Fingerprint identification for stand-alone or client-server solutions**. [S.l.]: Neurotechnology, 2023. Disponível em: [↗](#).
- TABASSI, Elham. Next Generation NFIQ. [S.l.], mar. 2012. Disponível em: [↗](#).
- TABASSI, Elham. The push towards zero error biometrics. [S.l.], jun. 2021. Disponível em: [↗](#).
- TABASSI, Elham; OLSEN, Martin et al. NFIQ 2 NIST Fingerprint Image Quality. [S.l.], jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.6028/nist.ir.8382>. Disponível em: [↗](#).
- TABASSI, Elham; WILSON, Charles; SCHLENOFF, Craig. **Fingerprint Image Quality**. en. [S.l.]: NIST Interagency/Internal Report (NISTIR), National Institute of Standards e Technology, Gaithersburg, MD, 2004-04-13 04:04:00 2004. DOI: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.7151>. Disponível em: [↗](#).
- YANG, Wencheng et al. Security and accuracy of fingerprint-based biometrics: A review. **Symmetry**, MDPI, v. 11, n. 2, p. 141, 2019.