Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

doi.org/10.51891/rease.v12i11.31892

# ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA À FRATURA POR FADIGA CÍCLICA DE DIFERENTES TIPOS DE LIMAS ENDODÔNTICAS

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CYCLIC FATIGUE FRACTURE RESISTANCE OF DIFFERENT TYPES OF ENDODONTIC FILES

## ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA FRACTURA POR FATIGA CÍCLICA DE DIFERENTES TIPOS DE LIMAS ENDODÓNCICAS

**Tawanny Christine Carvalho Sousa Campos**[1]
**Monalisa Zaira de Carvalho Martins**[2]
**Jhessye Dayara Silva de Oliveira**[3]
**Neusa Barros Dantas Neta**[4]
**Markelane Santana da Silva**[5]

RESUMO: A resistência à fratura por fadiga cíclica dos sistemas endodônticos Logic® (Easy), Sequence® (MK Life) e Wave One Gold® (Dentsply Sirona) foi analisada neste estudo. As limas foram submetidas ao teste de fadiga cíclica em blocos de resina contendo canais simulados com dupla curvatura, raio de 6 mm e ângulos de 30° e 45°. O tempo transcorrido até a fratura de cada instrumento foi cronometrado e o número de ciclos até a fratura (NCF) foi calculado. O sistema Sequence® apresentou os maiores valores médios de tempo e NCF, enquanto o Wave One Gold® apresentou tempos mais prolongados, porém com maior variabilidade entre os espécimes. Logic® demonstrou desempenho intermediário e maior homogeneidade nos resultados. Entretanto, as diferenças observadas entre os grupos não foram estatisticamente significativas. Os sistemas avaliados apresentaram desempenho semelhante quanto à resistência à fadiga cíclica. Não foi observada influência estatisticamente significativa do tempo até a fratura, do NCF ou do comprimento do fragmento fraturado.



**Palavras-chave:** Endodontia. Fadiga cíclica. Fratura.

ABSTRACT: This study analyzed the cyclic fatigue fracture resistance of the Logic® (Easy), Sequence® (MK Life), and Wave One Gold® (Dentsply Sirona) endodontic systems. The files underwent cyclic fatigue testing in resin blocks containing simulated canals with double curvature, a 6 mm radius, and angles of 30° and 45°. The time elapsed until fracture for each instrument was recorded, and the number of cycles to fracture (NCF) was calculated. The Sequence® system exhibited the highest mean values for time and NCF, while Wave One Gold® showed longer times but greater variability among specimens. Logic® demonstrated intermediate performance and greater result consistency. However, the differences observed between the groups were not statistically significant. The evaluated systems showed similar performance regarding cyclic fatigue resistance. No statistically significant influence was observed regarding the time to fracture, NCF, or the length of the fractured fragment.

**Keywords:** Endodontics. Cyclic fatigue. Fracture.

[1] Discente do curso de Odontologia do Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA).
[2] Discente do curso de Odontologia do Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA).
[3] Discente do curso de Odontologia do Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA).
[4] Doutora em Odontopediatria pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Docente do curso de Odontologia do Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA).
[5] Mestre em Odontologia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Docente do curso de Odontologia do Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA). Orientadora.

RESUMEN: En este estudio se analizó la resistencia a la fractura por fatiga cíclica de los sistemas endodóncicos Logic® (Easy), Sequence® (MK Life) y Wave One Gold® (Dentsply Sirona). Las limas se sometieron a pruebas de fatiga cíclica en bloques de resina con conductos simulados de doble curvatura, un radio de 6 mm y ángulos de 30° y 45°. Se cronometró el tiempo transcurrido hasta la fractura de cada instrumento y se calculó el número de ciclos hasta la fractura (NCF). El sistema Sequence® presentó los valores medios más altos de tiempo y NCF, mientras que Wave One Gold® mostró tiempos más prolongados, aunque con mayor variabilidad entre las muestras. Logic® demostró un rendimiento intermedio y una mayor homogeneidad en los resultados. Sin embargo, las diferencias observadas entre los grupos no fueron estadísticamente significativas. Los sistemas evaluados presentaron un rendimiento similar en cuanto a la resistencia a la fatiga cíclica. No se observó ninguna influencia estadísticamente significativa del tiempo hasta la fractura, del NCF ni de la longitud del fragmento fracturado.

**Palabras clave:** Endodoncia. Fatiga cíclica. Fractura.

## INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem como principal objetivo a manutenção do dente na cavidade oral por meio da eliminação ou redução dos microrganismos presentes no sistema de canais radiculares associado à obtenção de um selamento tridimensional eficaz (Santos *et al.*, 2020). Para que esses objetivos sejam alcançados a etapa de instrumentação mecânica desempenha papel fundamental, uma vez que possibilita a remoção de tecidos contaminados e favorece a adequada conformação do canal radicular. A introdução das ligas de níquel-titânio (NiTi) na Endodontia representou um marco significativo no desenvolvimento dos instrumentos endodônticos, sobretudo devido à maior flexibilidade e eficiência quando comparadas às limas de aço inoxidável. Essas propriedades permitiram maior segurança, controle e previsibilidade durante o preparo biomecânico, especialmente em canais com anatomia complexa e curvaturas acentuadas (Walia, Brantley, Gerstein, 1988).



Apesar dos avanços tecnológicos contínuos, incluindo a incorporação de tratamentos térmicos destinados à melhoria das propriedades mecânicas das limas endodônticas, a fratura de instrumentos ainda constitui uma intercorrência clínica relevante. Entre os fatores envolvidos nesse fenômeno a fadiga cíclica destaca-se como uma das principais causas, configurando-se como um desafio frequente na prática clínica endodôntica (Prill, Salomão, 2020). A fadiga cíclica ocorre em função da repetição contínua de ciclos alternados de tensão e compressão aos quais o instrumento é submetido durante os movimentos rotatórios ou reciprocantes em canais curvos, podendo culminar em falha estrutural súbita, sem sinais prévios de deformação plástica visível (De-Deus *et al.*, 2014).

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a resistência à fratura por fadiga cíclica de instrumentos endodônticos submetidos a condições experimentais controladas do número

de ciclos até a fratura (NCF), do tempo até a fratura (em minutos) e do comprimento do fragmento fraturado (mm).

## MÉTODOS

Foram selecionadas três limas endodônticas de níquel-titânio com diferentes cinemáticas, divididas em três grupos:

**Tabela 1 -** Limas selecionadas para a pesquisa e suas características.

| Grupo | Limas | Diâmetro da Ponta (Do) | Comprimento | Tratamento Microestrutura | Conicidade | Cinemática |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Logic® | 0,25mm | 25mm | NiTi com tratamento térmico | 0,06 | Rotação contínua |
| 2 | Sequence® | 0,25mm | 25mm | NiTi com tratamento térmico | 0,06 | Rotação contínua |
| 3 | Wave One Gold® | 0,25mm | 25mm | NiTi com tratamento térmico GOLD | 0,07 | Reciprocante |

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Cada grupo foi composto por 10 limas (n=10) totalizando 30 espécimes. Os testes foram realizados em blocos de resina acrílica com canais simulados de dupla curvatura padronizados para evitar interferências externas (raio de 6 mm; ângulos de 30° e 45°). As limas foram acionadas por um motor endodôntico (Schuster, Santa Maria, RS, Brasil), seguindo torque e velocidade recomendados pelos fabricantes. Utilizou-se gel de clorexidina 2% como lubrificante para reduzir atrito e superaquecimento.



O tempo até a fratura foi registrado por cronômetro digital, com observação simultânea por dois avaliadores calibrados. O número de ciclos até fratura (NCF) foi calculado pela fórmula: NCF=Tempo (s) × Velocidade (rpm)/60. Após a fratura, o comprimento dos fragmentos foi medido em milímetros com régua calibradora e o terço da lima em que ocorreu a falha foi anotado.

Os dados foram tabulados e analisados no software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 20.0. Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva das variáveis, apresentando valores de média, mediana, desvio-padrão, mínimo e máximo. O nível de significância adotado foi de 5% ($p<0,05$).

## RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a distribuição dos valores de NCF (Número de Ciclos até a Fratura) entre os grupos experimentais. Observou-se que a mediana e a dispersão dos valores foram semelhantes entre os grupos avaliados. A análise inferencial realizada pelo teste de Kruskal-Wallis indicou ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos (H=3,42; p=0,181). Esses resultados sugerem que, sob as condições testadas, não houve influência significativa do fator experimental NCF sobre a resistência à fratura por fadiga cíclica, sendo o comportamento dos grupos considerado estatisticamente semelhante.

**Figura 1:** Comparação da resistência à fratura por fadiga cíclica em relação ao número de ciclos até a fratura (NCF) entre os grupos (n=30). Teresina (PI), 2026.



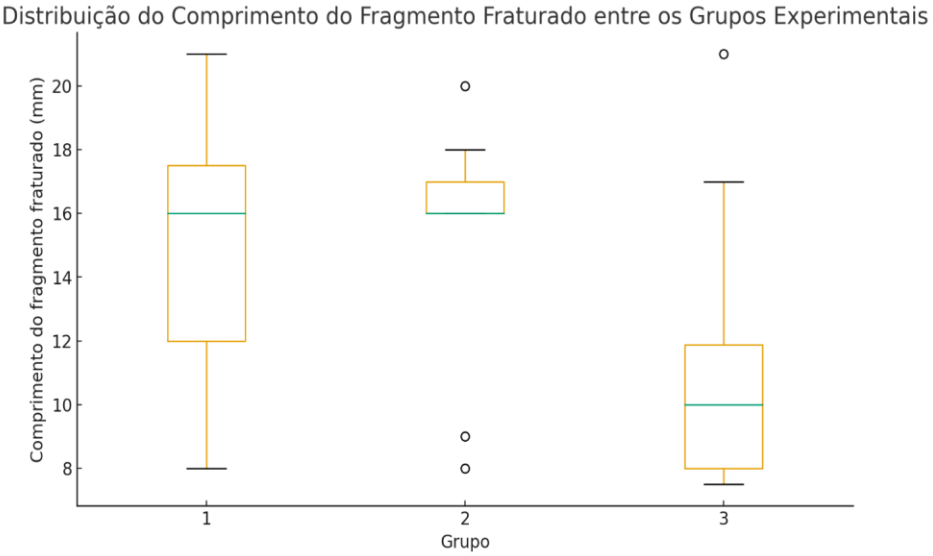

A Figura 2 apresenta a distribuição do tempo até a fratura (em minutos) entre os grupos experimentais. Observou-se que os valores médios e medianos apresentaram comportamento semelhante entre os grupos, sem grandes variações na dispersão dos dados. A análise inferencial por meio do teste de Kruskal-Wallis revelou ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos (H=0,62; p=0,733). Esses resultados indicam que o tempo total até a fratura foi comparável entre os grupos analisados, sugerindo que as variáveis experimentais avaliadas não exerceram influência significativa sobre a resistência à fadiga cíclica medida pelo tempo de fratura.

**Figura 2:** Distribuição do tempo até a fratura entre os grupos experimentais (n=30). Teresina (PI), 2026.



A Figura 3 apresenta a distribuição dos valores referentes ao comprimento do fragmento fraturado (mm) entre os diferentes grupos experimentais. Observou-se que as medianas apresentaram variações discretas e uma dispersão semelhante entre os grupos analisados. A análise inferencial realizada pelo teste de Kruskal–Wallis demonstrou ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos (H=3,99; p=0,135). Esses achados indicam que o comprimento médio dos fragmentos fraturados foi estatisticamente semelhante entre os grupos, sugerindo que o fator experimental avaliado não exerceu influência relevante sobre o ponto de ruptura dos instrumentos durante o ensaio de fadiga cíclica.

**Figura 3:** Distribuição do comprimento do fragmento fraturado entre os grupos experimentais (n=30). Teresina (PI), 2026.




## DISCUSSÃO

Este estudo investigou a influência das cinemáticas rotatória e reciprocante na resistência à fratura por fadiga cíclica, bem como o número de ciclos até a fratura e o local mais frequente de ocorrência ao longo da parte ativa das limas por meio da medição padronizada dos fragmentos fraturados. Dessa forma, a pesquisa contribuiu para uma melhor compreensão do comportamento mecânico das limas endodônticas, auxiliando na seleção de instrumentos mais seguros e previsíveis para a prática clínica.



Os resultados obtidos evidenciam comportamentos semelhantes entre os grupos avaliados nas variáveis analisadas, sem diferenças estatisticamente significativas. A partir desses achados, torna-se oportuno avaliar o papel dos diferentes fatores que podem influenciar a resistência à fadiga cíclica das limas endodônticas.

A literatura apresenta resultados diferentes quanto à influência da cinemática nesse tipo de falha mecânica. Alguns estudos apontam que o movimento reciprocante pode contribuir para uma resistência 10% maior à fadiga, possivelmente devido à redução do acúmulo de tensões durante o uso (De-Deus *et al.*, 2010; Higuera *et al.*, 2015). Em contrapartida, outras investigações destacam que esse comportamento não é uniforme entre os sistemas, propondo que a fadiga cíclica está relacionada a uma combinação de fatores, incluindo características do material e do instrumento (Prill, Salomão, 2020).

Entre outros fatores, o tratamento térmico das ligas de níquel-titânio têm sido amplamente vinculado à melhora das propriedades mecânicas, sobretudo no que se refere à

flexibilidade e à resistência à fadiga (Pedullà *et al.*, 2017). A presença desse tipo de tratamento nos instrumentos avaliados pode estar associada ao padrão de comportamento observado, uma vez que influencia diretamente a resposta do material às tensões cíclicas.

Além disso, aspectos geométricos dos instrumentos, como conicidade, diâmetro e formato da seção transversal, interferem na distribuição de tensões ao longo da lima durante a instrumentação, podendo impactar seu desempenho mecânico (Versluis *et al.*, 2012). Essas propriedades devem ser consideradas na interpretação dos resultados, especialmente quando se comparam diferentes sistemas.

No que se refere ao modelo experimental, a utilização de canais simulados em resina acrílica permitiu maior controle das variáveis e padronização das condições de ensaio. Entretanto, esse tipo de modelo não reproduz integralmente as condições clínicas, particularmente no que diz respeito à estrutura da dentina e à variabilidade anatômica dos canais radiculares (Plotino *et al.*, 2009).

Por fim, a análise do comprimento dos fragmentos fraturados permite compreender o comportamento dos instrumentos frente às tensões aplicadas, uma vez que a fratura por fadiga cíclica tende a ocorrer em região de maior curvatura, onde há maior concentração de estresse (Plotino *et al.*, 2009)



## CONCLUSÃO

Com base nas condições experimentais empregadas neste estudo, conclui-se que os sistemas endodônticos Logic®, Sequence® e Wave One Gold® apresentaram desempenho mecânico semelhante quanto à resistência à fratura por fadiga cíclica, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em relação ao número de ciclos até a fratura (NCF), ao tempo transcorrido até a ruptura e ao comprimento dos fragmentos fraturados. Dessa forma, as diferentes cinemáticas (rotação contínua e reciprocante) e características de fabricação analisadas não exerceram influência estatística determinante sobre a vida útil dos instrumentos frente ao estresse cíclico.

Embora o sistema Sequence® tenha exibido os maiores valores médios de tempo e NCF, tais resultados refletem apenas variações descritivas isoladas e não configuram superioridade mecânica ou estatística sobre os demais grupos. De modo análogo, observou-se comportamento heterogêneo quanto à previsibilidade da falha entre os sistemas, enquanto o Wave One Gold® demonstrou maior dispersão e variabilidade nos tempos até a fratura entre os espécimes, o

sistema Logic® apresentou comportamento intermediário associado a uma maior homogeneidade e consistência nos resultados obtidos.

Esses achados reforçam a compreensão de que a resistência à fadiga cíclica de instrumentos de níquel-titânio tratados termicamente é um fenômeno multifatorial, no qual a cinemática de acionamento atua em conjunto com o desenho da seção transversal, a conicidade e as propriedades metalúrgicas da liga. Na prática clínica, a equivalência estatística observada sugere que os três sistemas oferecem margens comparáveis de resistência à fadiga em trajetos de dupla curvatura, deslocando o critério de escolha do clínico para a previsibilidade de comportamento e a adaptação anatômica ao caso.

Como limitações do presente estudo experimental, destaca-se o uso de blocos de resina acrílica com canais simulados, os quais, embora garantam rigorosa padronização geométrica, não reproduzem a microdureza, a irregularidade anatômica e as propriedades mecânicas da dentina humana, tampouco as variações térmicas do ambiente intracanal. Recomenda-se que estudos futuros avaliem esses mesmos sistemas em dentes naturais extraídos sob temperatura corpórea simulada, associando ensaios dinâmicos de fadiga cíclica à resistência torcional para ampliar a transposição clínica dos resultados.



## REFERÊNCIAS

ANANIAS, J.S., et al. Remoção de lima fraturada e tratamento endodôntico: relato de caso. Brazilian Journal of Health Review, v. 7, n. 1, p. 6033-6045, 2024. DOI: https://doi.org/10.34119/bjhrv7n1-486

ARAÚJO, D.A.; MARTINS, V.M., CARVALHO, B.F. Tratamento Endodôntico em Pacientes Submetidos a Radioterapia: Revisão de Literatura. Research, Society and Development, v. 10, n. 7, p. e10107716127, 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16127

BARTH, N. G. Tratamento endodôntico do elemento dentário 26 com fratura de lima. Research, Society and Development, v. 11, n. 4, p. e0911426748, 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.26748.

DA SILVA, L. B. A., et al. Avaliação da resistência à fratura de diferentes tipos de limas endodônticas: uma análise comparativa. Revista Contemporânea, v. 4, n. 7, p. e5033-e5033, 2024. DOI: https://doi.org/10.56083/RCV4N7-075

DE-DEUS, G., et al. Bending resistance and dynamic and static cyclic fatigue life of Reciproc and Wave One large instruments. Journal of Endodontics, v. 40, n. 4, p. 575-579, 2014. DOI: 10.1016/j.joen.2013.10.013

DE-DEUS G, et al. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. International Endodontic Journal, v. 43, n. 12, p. 1063-1068, 2010. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2010.01756.x

FERRAZ, K. G., et al. A evolução das limas endodônticas: revisão de literatura. Research, Society and Development, v. 11, n. 17, p. e226111739280, 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i17.39280

GAVINI, G., et al. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. Journal of Endodontics, v. 38, n. 5, p. 684-687, 2012. DOI: 10.1016/j.joen.2011.12.033

HIGUERA, O., et al. Cyclic fatigue resistance of 3 different nickel-titanium reciprocating instruments in artificial canals. Journal of Endodontics, v. 41, n. 6, p. 913–915, 2015. DOI: 10.1016/j.joen.2015.01.023

HORTEGAL, T. A., et al. Avaliação da contaminação microbiológica de limas endodônticas em embalagens primárias: novas. Research, Society and Development, v. 11, n. 14, p. e247111436352–e247111436352, 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.36352.

MARTINS, D. A.; VIEIRA, E. A. A.; KERVAHAL, P. A. Benefícios das limas rotatórias no tratamento Endodontia. Research, Society and Development, v. 11, n. 13, p. e595111335957, 2022. DOI: https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35957.

PEDULLÀ, E., et al. Cyclic fatigue resistance of two nickel-titanium rotary instruments in interrupted rotation. International Endodontic Journal, v. 50, n. 2, p. 194–201, 2017. DOI: 10.1111/iej.12609

PLOTINO, G.; GRANDE, N. M.; CORDARO, M.; TESTARELLI, L.; GAMBARINI, G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. Journal of Endodontics, v. 35, n. 11, p. 1469-1476, 2009. DOI: 10.1016/j.joen.2009.06.015

PRILL, M. V. S.; SALOMÃO, M; B. Acidentes e complicações em endodontia: fratura de lima. Revista Cathedral. v. 3, n.4, 2020. Disponível em: https://cathedral.ojs.galoa.com.br/index.php/cathedral/article/view/381/124

RODRIGUES, S., et al. Avaliação de padrões dimensionais de diferentes marcas comerciais de limas endodônticas manuais tipo KERR. Perquirere, v. 1, n. 18, p. 134–147, 2021. Disponível em:https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere/article/view/2203.

SALES, I. V. M., et al. Tratamento endodôntico com instalação de pino de fibra de vidro anatomizado: relato de caso / Endodontic treatment with installation of anatomized glass fiber pin: a case report. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 5, p. 44680–44689, 7 jun. 2021. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29302.

SANTOS, G. C. F., et al. Importância do selamento coronário no sucesso do tratamento endodôntico / Importance of coronary seal in the success of endodontic treatment. Brazilian

Journal of Health Review, v. 3, n. 6, p. 17797–17812, 2020. DOI: https://doi.org/10.34119/bjhrv3n6-188

SANTOS, J. V. et al. Fratura de limas endodônticas no canal radicular: revisão de literatura / Endodontic lime fracture in the radicular channel: literature review. Brazilian Journal of Health Review, v. 4, n. 3, p. 11983–11994, 2021. DOI: 10.34119/bjhrv4n3-180.

SILVA, B. L. A., et al. Avaliação da resistência à fratura de diferentes tipos de limas endodônticas: uma análise comparativa. Revista Contemporânea, v. 4, n. 7, p. e5033–e5033, 2024. DOI: https://doi.org/10.56083/RCV4N7-075

SILVA, M.S.; GRANGEIRO M.A. Instrumentação reciprocante em canal mésiovestibular de molar superior após fratura de lima endodôntica. Revista da Faculdade de Odontologia - UPF, 25(1):112–117, 2020. DOI: https://doi.org/10.5335/rfo.v25i1.10229

VERSLUIS, A., et al. Flexural stiffness and stresses in nickel-titanium rotary files for various pitch and cross-sectional geometries. Journal of Endodontics, v. 38, n. 10, p. 1399-1403, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.06.008

WALIA, H. M.; BRANTLEY, W. A.; GERSTEIN, H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. Journal of Endodontics, v. 14, n. 7, p. 346-351, 1988. DOI: https://doi.org/10.1016/s0099-2399(88)80196-1