

IMPORTÂNCIA DAS PROPRIEDADES VISCOELÁSTICAS EM PLÁSTICOS PARA ORTODONTIA INVISÍVEL

Ao escolher um plástico para utilização em ortodontia invisível, é muito importante considerar as suas propriedades mecânicas para realizar os movimentos dentários da forma mais eficaz, além de ser confortável e indolor para o paciente. [1], [2], [3]

Este conforto é regido pelo módulo de elasticidade do material, que é uma relação entre a magnitude da força aplicada pelo material em resposta à deformação. Um material mais rígido tem um módulo maior do que um mais macio, pelo que responde a pequenas deformações com forças elevadas, o que pode causar dor, desconforto, dificuldade em inserir o dispositivo na boca e também torná-lo mais propenso a afrouxar durante a utilização. Um material demasiado macio, por outro lado, não forneceria força suficiente, pelo que é necessário chegar a um acordo. [2], [4], [5]

Outro parâmetro a considerar é o limite de elasticidade, ou seja, a força e a deformação que podem ser impostas ao material até que este deixe de ser elástico. Abaixo desse ponto, o material comporta-se elasticamente, e todas as forças e deformações são previsíveis. Se isto acontecer, o material perde a sua elasticidade e deixa de gerar qualquer força ativa, pois fica permanentemente deformado e assume a mesma forma da boca do paciente. [5]

Em ortodontia invisível é impossível atingir valores próximos, mesmo em forças do limite elástico[5], [7], mas é possível alcançá-los em deformações nos casos em que as deformações são relativamente elevadas. Isto ocorre quando há apinhamento de dentes, geralmente devido à movimentação individual dos dentes. O limite de deformabilidade elástica limita a amplitude de movimentos que podem ser realizados; com plásticos cujo limite é maior, podem ser realizados movimentos mais bruscos, mas deve-se ter em conta que quanto maior for a deformação, maior será a força.

Por este motivo, várias empresas líderes do setor começaram a utilizar dois tipos de materiais. [1], [7], [8] Um material relativamente macio, geralmente multicamada e com maior deformabilidade elástica para movimentos complexos; e um material mais rígido para movimentos coletivos de toda a arcada dentária ou que envolvam baixas deformações, uma vez que neste segundo tipo de movimentos, um plástico macio não conseguiria exercer a força necessária.

Na SecretAligner, estudamos os materiais da indústria em busca do material comercial ideal que melhor se adapte às nossas necessidades, permitindo-nos oferecer tratamentos mais eficazes, confortáveis e indolores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Especificamente, foram estudados 12 materiais diferentes, que podem ser agrupados em copoliésteres da família do tereftalato de polietileno (PET), poliuretanos termoplásticos de alta rigidez (hTPU), polipropileno (PP) e multicamadas de poliuretano e colopióster.

Os ensaios consistem em puxar corpos de prova planos até à rotura numa máquina de tração uniaxial.

Ou seja, esticar uma extremidade do tubo de ensaio a uma velocidade constante de 1 mm/min, enquanto a outra extremidade se mantém oposta. As dimensões das peças de teste cortadas a laser eram de 11 mm de comprimento, 1,6 mm de largura e a espessura da folha original.

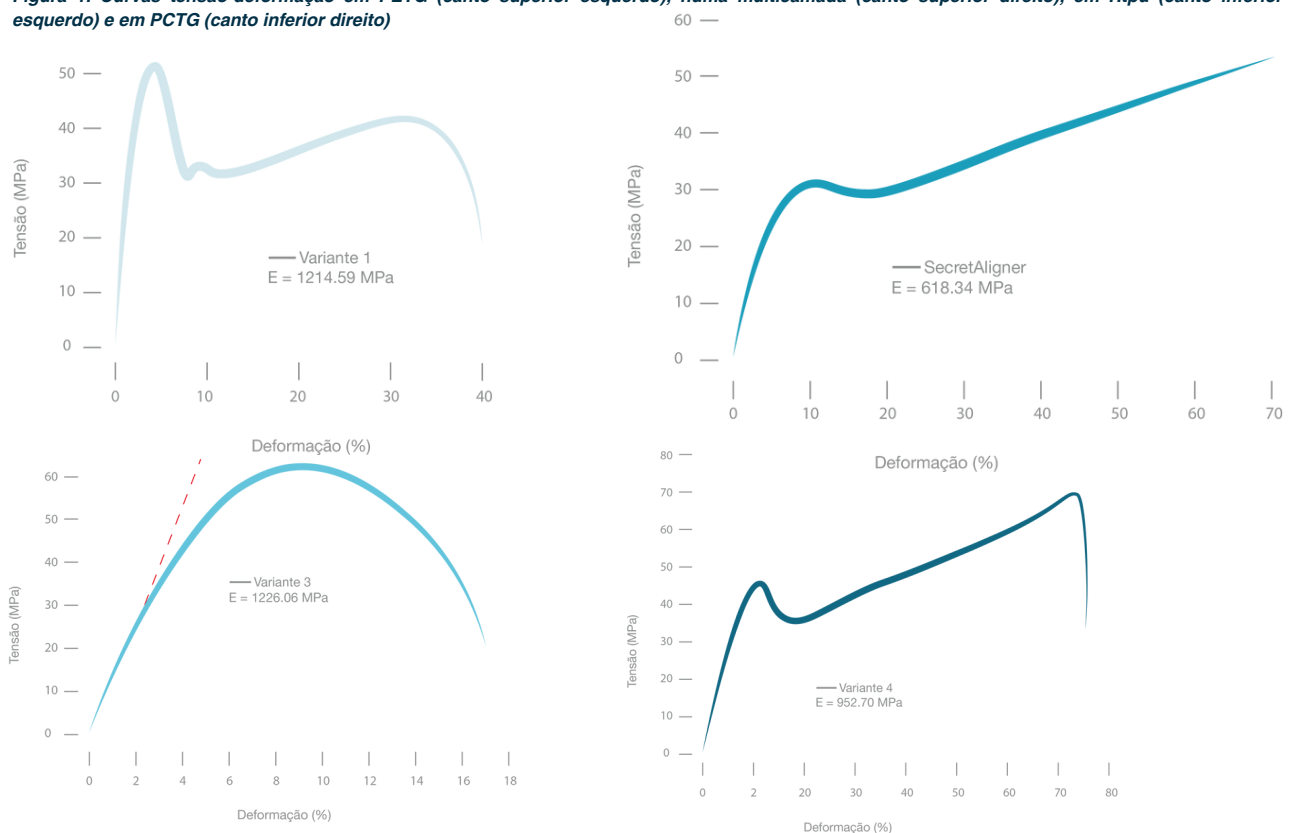
RESULTADOS

A primeira coisa que se observa em todos os materiais é que são relativamente elásticos até ao seu ponto de escoamento, mas pode-se observar que todos eles começam a desviar-se por volta dos 3% de deformação. Isto significa que após a marca dos 3%, embora o material seja predominantemente elástico, começa a apresentar uma deformação irreversível.

Relativamente ao formato das curvas, na maioria dos materiais pode observar-se uma zona elástica inicial na qual a tensão e a deformação têm uma relação linear até que se atinja um máximo (o limite elástico), após o que a tensão desce para um valor que se mantém praticamente constante até à rotura do material.

Isto não acontece no hTPU, onde o material quebra logo após o ponto de escoamento, e no PP, onde ocorre um fenómeno em que o material se deforma sob tensão constante após este ponto de escoamento porque a sua secção diminui progressivamente e torna-se esbranquiçada e finalmente fratura.

Figura 1. Curvas tensão-deformação em PETG (canto superior esquerdo), numa multicamada (canto superior direito), em Htpu (canto inferior esquerdo) e em PCTG (canto inferior direito)



Como se pode observar na imagem acima, em materiais como o PET ou o PCTG, a área máxima cobre um intervalo de deformações mais reduzido do que em multicamadas, onde é mais extensa e onde a queda de tensão quando o limite elástico é ultrapassado é menor. Isto confere à multicamada um maior alcance de segurança, bem como um maior alcance elástico. Os aparelhos ortodônticos invisíveis são concebidos para funcionar mecanicamente perto do ponto de escoamento, pelo que um erro de projeto em aparelhos multicamadas resulta num erro menor na aplicação de força, enquanto que em PET ou PCTG, este erro é mais drástico.

Além disso, observou-se que, na maioria dos casos, o material não fraturou completamente na multicamada, mas apenas as camadas externas de material rígido, após o que a camada de material macio e elastomérico se deformou de forma quase elástica, permitindo que os espécimes regressassem em grande parte às suas dimensões originais.

Relativamente aos valores do módulo de elasticidade, nos materiais monocamadas convencionais, como o PET e o hTPU, este valor é de cerca de 1000-1200 MPa e 1200-1300 MPa, respetivamente, enquanto que no PCTG, multicamadas e PP é de 900-1000 MPa, 600-700 MPa e 500 MPa, respetivamente.

Os valores limite de deformabilidade são de 5-5,5% em PET, 6-8% em hTPU, 7,5% em PCTG, 14% em PP e 8% em multicamadas.

DISCUSSÃO

Após a realização de ensaios de tração em diferentes materiais utilizados em ortodontia invisível, pudemos verificar que existe uma diferença significativa nas propriedades viscoelásticas entre os materiais multicamadas, que são os materiais mais avançados atualmente no mercado, e os monocamadas.

Relativamente ao módulo de elasticidade, os materiais comumente utilizados em ortodontia invisível, como o PET, o hTPU e, em menor grau, o PCTG, apresentam valores de módulo de elasticidade até duas vezes superiores aos dos materiais multicamada, sendo razoável que estes últimos sejam mais confortáveis e indolores que os primeiros.

Além disso, também foram observadas diferenças claras na deformação por fluência, onde as multicamadas geralmente se destacam acima das monocamadas. Isto permite que as multicamadas se adaptem a deformações maiores sem perder elasticidade, mas também significa que a elasticidade destes materiais será mais durável.

CONCLUSÕES

Em suma, uma multicamada é capaz de gerar forças mais leves, mas muito mais constantes, ao longo do tempo de tratamento. Garante também que erros de planeamento ou mau encaixe na boca do dispositivo se traduzam em menos erros na força aplicada. No entanto, em situações em que são necessárias poucas deformações, as multicamadas não serão capazes de gerar a força necessária para ativar o movimento dentário, pelo que é aconselhável utilizar materiais de maior módulo, como o hTPU.

BIBLIOGRAFIA

- [1] N. D. Kravitz, B. Kusnoto, E. BeGole, A. Obrez, and B. Agran, 'How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign', *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 135, no. 1, pp. 27–35, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.ajodo.2007.05.018.
- [2] A. E. Moutawakil, 'Biomechanics of Aligners: Literature Review', *Adv. Dent. Oral Health*, vol. 13, no. 5, Jan. 2021, doi: 10.19080/ADOH.2020.13.555872.
- [3] M. Upadhyay and S. A. Arqub, 'Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles', *J. World Fed. Orthod.*, vol. 11, no. 1, pp. 12–21, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.ejwf.2021.11.002.
- [4] A. T. Nguyen, 'Quantitative Evaluation Criteria for the Mechanical Properties of Orthodontic Clear Aligners', UCLA, 2020. Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: <https://escholarship.org/uc/item/1x11r1r8>
- [5] P. Suwanwitid, 'Clear Aligner: Effectiveness, Limitations and Considerations', *J. Dent. Assoc. Thai.*, vol. 71, p. 231236, 2021, doi: 10.14456/JDAT.2021.25.
- [6] F. Tamburrino, V. D'Antò, R. Bucci, G. Alessandri-Bonetti, S. Barone, and A. V. Razionale, 'Mechanical Properties of Thermoplastic Polymers for Aligner Manufacturing: In Vitro Study', *Dent. J.*, vol. 8, no. 2, p. 47, Jun. 2020, doi: 10.3390/dj8020047.
- [7] '3MTM Clarity™ Aligners'. Accessed: Jan. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.3m.com/3M/en_US/orthodontics-us/featured-products/clarity-eos/clear-aligners/
- [8] 'The Latest Dental Aligner Material | Spark Aligners'. Accessed: Jan. 08, 2024. [Online]. Available: <https://ormco.com/en-us/spark/trugen-material>