

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 06/09/2025.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Julianna de Oliveira Lima Parizotto

**Propriedades mecânicas e biológicas dos alinhadores ortodônticos impressos
de maneira direta em comparação com alinhadores termoformados**

Araraquara

2023



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Julianna de Oliveira Lima Parizotto

**Propriedades mecânicas e biológicas dos alinhadores ortodônticos impressos
de maneira direta em comparação com alinhadores termoformados**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Doutora Ciências Odontológicas, na Área de Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Gonçalves

Coorientador: Prof. Dr. Jonas Bianchi

Araraquara

2023

P234p

Parizotto, Julianna de Oliveira Lima

Propriedades mecânicas e biológicas dos alinhadores ortodônticos impressos de maneira direta em comparação com alinhadores termoformados / Julianna de Oliveira Lima Parizotto. -- Araraquara, 2023

66 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara

Orientador: João Roberto Gonçalves

Coorientador: Jonas Bianchi

1. Aparelhos ortodônticos removíveis. 2. Biofilmes. 3. Estresse mecânico. 4. Impressão tridimensional. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Julianna de Oliveira Lima Parizotto

Propriedades mecânicas e biológicas dos alinhadores ortodônticos impressos de maneira direta em comparação com alinhadores termoformados

Comissão Julgadora

Tese para obtenção do grau de Doutora em Ciências Odontológicas, área de Ortodontia

Presidente e Orientador: Prof. Dr. João Roberto Gonçalves

2º Examinador: Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Junior.

3º Examinador: Prof. Dr. Luiz Geraldo Vaz.

4º Examinador: Profa. Dra. Patrícia Pigatto Schneider

5º Examinador: Prof. Dra. Daniela Gamba Garib Carreira

Araraquara, 06 de setembro de 2023.

DADOS CURRICULARES

Julianna de Oliveira Lima Parizotto

NASCIMENTO: 09/09/1992 – Campo Grande – Mato Grosso do Sul

FILIAÇÃO: Symonne Pimentel Castro de Oliveira Lima Parizotto e Valerio Antonio Parizotto.

2010/2014: Curso de Graduação em Odontologia: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP).

2016/2018: Curso de Especialização em Ortodontia: Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo (HRAC-USP).

2018/2020: Curso de Pós-Graduação: Mestrado pelo programa de Ciências Odontológicas. Área de concentração em Ortodontia: Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

2020/atual: Curso de Pós-Graduação: Doutorado pelo programa de Ciências Odontológicas. Área de concentração em Ortodontia: Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar sempre os meus passos e me abençoar nas minhas escolhas. Sei que cada caminho que vou, o Senhor está comigo.

À toda minha família que esteve sempre ao meu lado, em especial ao meu pai Valério e à minha mãe Symonne por acreditarem, investirem em mim e por serem minha fonte de inspiração diária. Vocês nunca mediram esforços para que eu pudesse ter todas as ferramentas necessárias para seguir uma carreira de sucesso. Amo vocês, essa conquista é nossa!

À minha irmã Isabella Parizotto Paula, ao meu cunhado Thiago Mortari Paula e aos meus afilhados Antonio e Rafaella, o amor, apoio e companheirismo de vocês me dão forças para chegar cada vez mais longe. Obrigada por me acolherem sempre no lar de vocês e por fazer eu sentir que ele é meu também.

À minha avó Lourdes por todo o afeto e apoio ao longo desta jornada.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Roberto Gonçalves, pela confiança depositada em mim, por compartilhar seus conhecimentos e pelas oportunidades que me oferece. Admiro muito o senhor e a maneira como trabalha. Com certeza vou levar para vida muito do que aprendi e todos os momentos compartilhados. É um privilégio ser sua orientada!

Aos professores de Ortodontia da FOAr Ary dos Santos Pinto, Dirceu Barnabé Raveli, Lídia Parsekian Martins e Luiz Gonzaga Gandini Jr, pelo aprendizado constante vindo da convivência na UNESP. Sorte de nós alunos que temos a oportunidade de conviver com vocês. Em especial ao Prof. Luiz Gonzaga Gandini Jr por aceitar fazer parte desta banca e por me ensinar tanto ao longo destes anos. É uma honra ser sua aluna.

Aos colegas Leandro e Beatriz, que me auxiliaram em áreas da minha pesquisa onde não eram minha expertise. Nenhum destes resultados teria sido possível sem vocês.

Muito obrigada pela disponibilidade e paciência em me ensinarem. Toda o sucesso para vocês em suas respectivas jornadas.

Aos colegas de doutorado Adriana, Karina e Pedro Henrique, muito obrigada pelas trocas que tivemos nestes anos. Pedro, foi muito bom conviver na clínica e trabalhar cientificamente com você, você tem um futuro brilhante. Adriana, nosso encontro como colegas de mestrado e depois doutorado rendeu uma linda amizade, cheia de companheirismo, parceria, compreensão e bons momentos. Sou grata a Deus por nossos caminhos terem se cruzado e deixado este período de pós-graduação mais leve e divertido. Karina, aprendi muito com você pessoalmente e profissionalmente, foi muito bom conviver com você e conhecer também sua família, espero que você alcance tudo o que deseja, você merece demais, obrigada pela parceria e amizade todos estes anos!

Ao colega e coorientador Jonas Bianchi, muito obrigada por todo o conhecimento que você compartilhou comigo desde o primeiro dia que cheguei na UNESP. Aprendi muito com você sobre pesquisa, ortodontia e sobre dedicação em fazer aquilo que ama. Você contribuiu imensamente para este trabalho, nunca mediu esforços para ajudar, ensinar e eu só tenho a agradecer. Que continuemos juntos no caminho de busca do conhecimento.

À empresa SmartDent (São Carlos, SP), vocês foram fundamentais para que este estudo fosse viável. Muito obrigada por embarcar nessa jornada conosco e por propiciar todos os meios para que pudéssemos realizar esta pesquisa. Admiro muito o trabalho de vocês, sempre em busca de excelência e qualidade em seus produtos.

À Profa. Dra. Daniela Garib, por ser uma inspiração para mim e para tantas outras mulheres. Muito obrigada por ser quem é para nós e especialmente por ter aceitado fazer parte desta banca e nos brindar com seus conhecimentos. Que nossos caminhos ainda se cruzem bastante ao longo da nossa jornada!

À Profa. Dra. Patrícia Schneider, pela amizade e companheirismo, dentro e fora da ortodontia. É muito bom ter por perto que querem o nosso crescimento e sucesso, você é uma delas! Obrigada por aceitar fazer parte deste momento especial.

Ao Prof. Dr. Luiz Geraldo Vaz, por ter aceitado participar desta banca e contribuir com seu imenso e valioso conhecimento para nosso trabalho.

Ao programa de Pós-graduação em Ciências Odontológicas da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, representado pela coordenadora Prof. Dra. Andreia Bufalino.

À Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, nas pessoas da diretora Prof.^a Dr.^a Elaine Maria Sgavioli Massucato e vice-diretor Prof. Dr. Edson Alves de Campos.

Aos funcionários da FOAr, obrigado pela ajuda e prestação de serviços sempre.

“Sua visão se tornará clara somente quando você olhar para dentro do seu coração. Quem olha para fora, sonha. Quem olha para dentro, desperta.”

Carl Jung*

* Jung CG. Practice of psychotherapy. Princeton: Princeton University Press, 2014. (Collected Works of C.G. Jung, 16).

Parizotto JOL. Propriedades mecânicas e biológicas dos alinhadores ortodônticos impressos de maneira direta em comparação com alinhadores termoformados [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

RESUMO

A demanda cada vez maior por uma ortodontia estética e discreta favoreceu o crescimento da indústria dos alinhadores. No entanto, o fluxo de trabalho atual para confecção dos alinhadores, por termoformação, envolve a impressão tridimensional (3D) de modelos, cuja quantidade varia de acordo com a complexidade do caso. Todas as estruturas impressas 3D com resinas fotopolimerizáveis tradicionais (material de insumo para maioria das impressoras 3D) não podem ser reprocessadas. Esta característica combinada com o aumento da impressão 3D em todas as áreas, gera um grande desperdício destes materiais não reprocessáveis, com sérias implicações ambientais. Com isto, a produção por impressão direta dos alinhadores parece uma alternativa promissora por tornar o fluxo de trabalho para confecção dos alinhadores mais eficiente e diminuir o impacto ambiental. O objetivo deste trabalho foi testar as propriedades mecânicas e biológicas dos materiais para confecção de alinhadores por impressão direta. A amostra foi dividida em Grupo Controle (Zendura, termoformado) e 4 grupos experimentais de diferentes resinas para impressão direta dos alinhadores (S1, S2, S3 e TC-85). Para os testes mecânicos foi realizado teste de flexão em três pontos para avaliação da curva tensão/deformação, carga máxima e resistência a flexão. Para os testes biológicos, foi avaliada a adesão de biofilme (*Candida albicans* e *Streptococcus mutans*, simples e mistos) por meio dos testes contagem de unidade formadora de colônias (UFC) e AlamarBlue® e citotoxicidade por meio do teste de proliferação celular AlamarBlue®. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade e o teste F para avaliar a homocedasticidade dos grupos. Para a avaliação das propriedades biológicas e mecânicas, foram realizados ANOVA two-way e pós teste de Tukey. Para o ensaio de citotoxicidade foi realizado o teste de Kruskal-Wallis seguido do pós-teste de Dunn. Os alinhadores impressos de maneira direta exibem curvas de tensão-deformação mais planas, indicando uma melhor faixa elástica em comparação com os alinhadores termoformados. Todas as resinas usadas para impressão 3D direta de alinhadores aumentaram de espessura após a impressão. Além disso, os alinhadores impressos mostram menos formação de biofilme com *C. albicans* e *S. mutans*. O tempo entre a impressão 3D direta do alinhador e seu uso é importante e aumenta a adesão do biofilme misto. Todos os grupos apresentaram citotoxicidade semelhante, dentro de limites clínicos aceitáveis.

Palavras-chave: Aparelhos ortodônticos removíveis. Biofilmes. Estresse mecânico. Impressão tridimensional.

Parizotto JOL. Mechanical and biological properties of directly printed orthodontic aligners compared to thermoformed aligners [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

ABSTRACT

The increasing demand for aesthetic and discreet orthodontics has favored the growth of the aligner industry. However, the current workflow for making aligners by thermoforming involves three-dimensional (3D) printing of models, the quantity of which varies according to the complexity of the case. All structures 3D printed with traditional light curing resins (input material for most 3D printers) cannot be reprocessed. This characteristic combined with the increase of 3D printing in all areas, generates a great waste of these non-reprocessable materials, with serious environmental implications. With this, direct printing production of aligners seems a promising alternative for making the workflow for making aligners more efficient and reducing the environmental impact. The objective of this work was to test the mechanical and biological properties of materials for making aligners by direct printing. The sample was divided into Control Group (Zendura, thermoformed) and 4 experimental groups of different resins for direct printing of aligners (S1, S2, S3 and TC-85). For the mechanical tests, a three-point bending test was performed to evaluate the stress/deformation curve, maximum load and rupture stress, and the indentation hardness test. For the biological tests, biofilm adhesion (*Candida albicans* and *Streptococcus mutans*, single and mixed) was evaluated using the colony forming unit count (CFU) and AlamarBlue® tests, and cytotoxicity using the AlamarBlue® cell proliferation test. The Shapiro-Wilk test was used to assess normality and the F test to assess the homoscedasticity of the groups. To evaluate the biological and mechanical properties, two-way ANOVA and Tukey's post test were performed. For the cytotoxicity assay, the Kruskal-Wallis test was performed followed by the Dunn post-test. Directly printed aligners exhibit flatter stress-strain curves, indicating a better elastic range compared to thermoformed aligners. All resins used for direct 3D printing of aligners increased in thickness after printing. Additionally, printed aligners show less biofilm formation with *C. albicans* and *S. mutans*. The time between direct 3D printing of the aligner and its use is important and increases the adhesion of the mixed biofilm. All groups showed similar cytotoxicity, within acceptable clinical limits.

Keywords: Orthodontic appliances, removable. Biofilms. Stress, mechanical. Printing, three-dimensional.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	13
2.1 Objetivos Específicos.....	13
3 PUBLICAÇÕES	14
3.1 Artigo 1.....	14
3.2 Artigo 2.....	29
3.3 Artigo 3.....	45
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A busca pela estética e conforto foi sempre presente em todos os âmbitos da odontologia. Devido ao avanço da tecnologia, as possibilidades de proporcionar tratamentos ortodônticos mais estéticos para o paciente aumentaram¹ com o surgimento dos bráquetes estéticos² e bráquetes linguais³. Apesar de existirem excelente bráquetes estéticos no mercado da ortodontia hoje em dia, ainda não é estético ou confortável o suficiente para alguns pacientes. Neste intuito, o interesse pelo tratamento com os alinhadores cresceu muito, tanto pelos ortodontistas como pelos próprios pacientes. Os alinhadores tornaram-se populares pois são aparelhos ortodônticos removíveis, com isso oferecendo mais liberdade ao paciente, e estéticos, visto que o material é quase transparente, por não haver fios ou bráquetes.

Apesar da grande evolução dos alinhadores ter ocorrido na última década, a ideia de alinhar os dentes com aparelhos consecutivos termoplásticos surgiu inicialmente em 1945 com Kesling⁴, que utilizava os seus chamados “posicionadores” para pequenas irregularidades entre os dentes. Porém, como estes posicionadores eram fabricados por meio de setups sequenciais de cera, não foram incorporados na rotina clínica dos ortodontistas. Com os avanços tecnológicos, especialmente após a introdução do CAD/CAM⁵ (*computer-aided design and computer-aided manufacturing* - design feito por computador e fabricação feita por computador) e sua aplicabilidade clínica, os antigos posicionadores Kesling tornaram-se uma proposta viável para tratamento ortodôntico. Em 1997, a Align Technology (Santa Clara, CA) introduziu os alinhadores Invisalign⁶, produzidos pelo sistema CAD/CAM com software próprio que movem os dentes digitalmente em pequenos incrementos sequenciais. O tratamento com alinhadores, anteriormente restrito a casos de baixa complexidade, tornou-se uma opção para más oclusões mais complexas, devido às inovações tecnológicas incorporadas nos alinhadores como estagiamento, attachments e ao conhecimento adquirido^{7,8}.

O fluxo digital para confecção de alinhadores, com as tecnologias disponíveis atualmente segue a seguinte ordem: aquisição de imagens, setup virtual em software, impressão dos modelos exportados pelo software, termoplastificação destes modelos para originar os alinhadores e acabamento dos alinhadores. A aquisição de imagens é feita por meio do escaneamento intraoral ou do escaneamento do modelo de gesso, para criação de um arquivo dos modelos do paciente em formato STL (*Standard*

Tessellation Language - formato com dados do objeto tridimensional)⁹. Estes arquivos STL são inseridos em um software para realização do planejamento virtual e assim obtém-se a quantidade de modelos gerados, e consequentemente de alinhadores, que é determinada de acordo com parâmetros previamente estabelecidos de quantidade de movimento por alinhador⁶. O número de modelos a serem impressos, por meio de uma impressora 3D, depende da complexidade do caso. Casos simples podem gerar apenas 5 modelos, em um caso de tratamento em uma única arcada, por exemplo, porém, casos complexos envolvendo tanto a arcada superior quanto a inferior, podem chegar à 80 modelos.

Atualmente, após a impressão dos modelos, é feita a estampagem/plastificação destes para confecção do alinhador propriamente dito por meio de plastificadora. Os materiais termoplásticos comumente utilizados para confecção dos alinhadores são: polietileno tereftalato de etileno glicol (PET-G), polipropileno, policarbonato, poliuretanos termoplásticos (PU), entre outros¹⁰. Após este processo, é feito recorte e acabamento nos alinhadores e os modelos impressos são guardados e futuramente descartados.

A impressão 3D tem se mostrado cada vez mais útil, tanto na odontologia quanto em outras áreas. Hoje em dia já há casas construídas por meio de impressão 3D, veículos, ferramentas, além de prótese utilizadas em medicina. Na ortodontia, as impressoras mais utilizadas são: FDM (Fused deposition modeling), SLA (Estereolitografia) e DLP (Digital Light Processing)¹¹. Estas impressoras, que trabalham por manufatura aditiva¹², variam de acordo com os seus métodos de construção de camadas, materiais e a tecnologia da máquina. O material de insumo da impressora FDM¹³ é um filamento termoplástico, que apresenta um preço acessível, porém o tempo de impressão é maior e precisão é inferior quando comparada com as outras tecnologias citadas. A SLA¹⁴ e DLP¹⁵ diferem entre si pela forma de exposição à luz e consequentemente pelo tempo de impressão, sendo a DLP mais rápida, porém ambas utilizam de resinas fotopolimerizáveis líquidas como material de insumo.

No entanto, todas as estruturas impressas 3D formadas com resinas fotopolimerizáveis tradicionais não podem ser reprocessadas, pois as redes de polímeros são reticuladas covalentemente¹⁶. Essa natureza não processável, combinada com o aumento global da impressão 3D, está levando a um grande desperdício de materiais de impressão 3D, com sérias implicações ambientais¹⁷. Hoje

já existem filamentos termoplásticos (para impressora FDM) recicláveis, que não são produzidos à base de petróleo, ou seja, são biodegradáveis^{18,19}. Porém, eles possuem propriedades mecânicas limitadas e maior custo¹⁹. As resinas termofixas para impressoras SLA e DLP são infusíveis, insolúveis e não recicláveis, uma vez que mesmo diante de uma temperatura e pressão elevadas, após o processo de polimerização ela não retornam ao estado de fluidez, pois sua estrutura tridimensional, reticulada com a formação de ligações cruzadas impede o deslizamento entre as cadeias^{20,21}.

Neste contexto, a impressão 3D direta do alinhador seria ideal. Deste modo, seria diminuída uma etapa na produção, eliminando-se a necessidade de impressão de todos os modelos físicos dos alinhadores (economia de tempo e trabalho), visto que não seria necessário mais a plastificação. Com isso, elimina-se também a quantidade de lixo tóxico descartada durante o processo de confecção de alinhadores. Porém, há inúmeros desafios na criação e viabilização de uma resina para impressão de alinhadores, como: instabilidade dimensional, resistência baixa, porosidade, toxicidade, entre outros, além das limitações do processo de fabricação²². Esta resina precisaria apresentar principalmente três propriedades imprescindíveis: biocompatibilidade, flexibilidade ótima e transparência.

Até o momento, ainda não existem resinas para impressão direta de alinhadores com aprovação da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) no Brasil, apenas a Tera Harz (Graphy, Seoul, Coreia do Sul) possui FDA (*Food and Drug Administration*) nos Estados Unidos e CE (*Conformite Europeenne*), além de possuir o FDA local da Coreia do Sul. Com isso, o objetivo deste trabalho é comparar as propriedades mecânicas e biológicas dos materiais considerados padrão ouro até o momento para confecção de alinhadores (termo-poliuretano – Zendura FLX) com as resinas para impressão direta de alinhadores e avaliar a viabilidade destes novos produtos, bem como suas limitações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os alinhadores impressos são uma nova tecnologia que ainda precisa de muitos estudos. Quando comparados aos alinhadores termoformados, eles aparentam ter melhores propriedades e elásticas e entrega de forças mais leves e contínuas. Além disso, os resultados mostraram que são biocompatíveis e possuem menor adesão de biofilme.

REFERÊNCIAS*

1. Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009; 135(3): 276–7.
2. Russell JS. Current products and practice: aesthetic orthodontic brackets. *J Orthod*. 2005; 32(2): 146–63.
3. McCrostie HS. Lingual orthodontics: the future. *Semin Orthod*. 2006; 12(3): 211–4.
4. Kesling H. The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod Oral Surg*. 1945; 31(6): 297–304.
5. Duret F, Blouin JL, Duret B. CAD-CAM in dentistry. *J Am Dent Assoc*. 1988; 117(6): 715–20.
6. Chishti M, Wirth K. Method and system for incrementally moving teeth. 2003; US08/947,080 patent.
7. Phan X, Ling PH. Clinical limitations of invisalign. *J Can Dent Assoc (Tor)*. 2007; 73(3): 263–6.
8. Boyd RL. Complex orthodontic treatment using a new protocol for the Invisalign appliance. *J Clin Orthod*. 2007; 41(9): 525–47;
9. Hazeveld A, Huddleston Slater JJR, Ren Y. Accuracy and reproducibility of dental replica models reconstructed by different rapid prototyping techniques. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2014; 145(1): 108–15.
10. Dupaix RB, Boyce MC. Finite strain behavior of poly(ethylene terephthalate) (PET) and poly(ethylene terephthalate)-glycol (PETG). *Polymer (Guildf)*. 2005; 46(13): 4827–38.
11. Hartings MR, Ahmed Z. Chemistry from 3D printed objects. *Nat Rev Chem*. 2019; 3(5): 305–14.
12. Levy GN, Schindel R, Kruth JP. Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (LM) technologies, state of the art and future perspectives. *CIRP Ann - Manuf Technol*. 2003; 52(2): 589–609.
13. Dermanaki Farahani R, Dubé M. Printing polymer nanocomposites and composites in three dimensions. *Adv Eng Mater*. 2018; 20(2): 1700539.
14. Melchels FPW, Feijen J, Grijpma DW. A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering. *Biomaterials*. 2010; 31(24): 6121–30.
15. Mu Q, Wang L, Dunn CK, Kuang X, Duan F, Zhang Z et al. Digital light processing 3D printing of conductive complex structures. *Addit Manuf*. 2017; 18: 74–83.
16. Kaiser T. Highly crosslinked polymers. *Prog Polym Sci*. 1989; 14(3): 373–450.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

17. Zhang B, Kowsari K, Serjouei A, Dunn ML, Ge Q. Reprocessable thermosets for sustainable three-dimensional printing. *Nat Commun*. 2018; 9(1): 1831.
18. Brito GF, Agrawal P, Araújo EM, Mélo TJA. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. *Remap*. 2011; 2:127–39.
19. Gritten P. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. *Gest Tecnol Inov*. 2017; 1(3): 9-18.
20. Blass A. Processamento de polímeros. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC; 1988.
21. Fernandes GA. Resina fotopolimérica SOMOS 7110 para estereolitografia: condições de pós-processamento e caracterização química e térmica [Dissertação de Mestrado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2001.
22. Jindal P, Juneja M, Siena FL, Bajaj D, Breedon P. Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3D printed clear dental aligners. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2019; 156(5): 694–701.