



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

**CAMILA NOBRE DE FREITAS**

**AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E DA DISTRIBUIÇÃO DE  
TENSÕES MECÂNICAS SOBRE O PALATO DE DIFERENTES TIPOS DE CHUPETAS**

**ASSESSMENT OF SURFACE ROUGHNESS AND THE DISTRIBUTION OF  
MECHANICAL STRESS ON THE PALATE BY DIFFERENT PACIFIERS**

Piracicaba

2020

**CAMILA NOBRE DE FREITAS**

**AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E DA DISTRIBUIÇÃO DE  
TENSÕES MECÂNICAS SOBRE O PALATO DE DIFERENTES TIPOS DE CHUPETAS**

**ASSESSMENT OF SURFACE ROUGHNESS AND THE DISTRIBUTION OF  
MECHANICAL STRESS ON THE PALATE BY DIFFERENT PACIFIERS**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutora em Odontologia, na Área de Odontopediatria.

Thesis presented to the Piracicaba Dental School of University of Campinas in partial fulfillment of requirements for the degree of Doctor in Dentistry, in Pediatric Dentistry area.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Midori Castelo Ferrua

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA  
PELA ALUNA CAMILA NOBRE DE  
FREITAS E ORIENTADA PELA PROF.<sup>a</sup>  
DR.<sup>a</sup> PAULA MIDORI CASTELO  
FERRUA.

Piracicaba

2020

Ficha catalográfica Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba  
Marilene Girello - CRB 8/6159

F884a Freitas, Camila Nobre de, 1990-  
Avaliação da rugosidade superficial e da distribuição de tensões mecânicas sobre o palato de diferentes tipos de chupetas / Camila Nobre de Freitas. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2020.

Orientador: Paula Midori Castelo Ferrua.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Saliva artificial. 2. Chupetas. 3. Desinfecção. 4. Sucção. 5. Análise de elementos finitos. I. Castelo, Paula Midori, 1978-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Assessment of surface roughness and the distribution of mechanical stress on the palate by different pacifiers **Palavras-chave em inglês:**

Saliva, artificial

Pacifiers

Disinfection

Suction

Finite element analysis

**Área de concentração:** Odontopediatria

**Titulação:** Doutora em Odontologia

**Banca examinadora:**

Paula Midori Castelo Ferrua [Orientador]

Luiz Filipe Barbosa Martins

Aline Rogéria Freire de Castilho

Carolina Steiner Oliveira Alarcon

Sandra Kalil Bussadori

**Data de defesa:** 14-02-2020

**Programa de Pós-Graduação:** Odontologia

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-0112-1248>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/0242069834311441>



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**Faculdade de Odontologia de Piracicaba**

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 14 de fevereiro de 2020, considerou a candidata CAMILA NOBRE DE FREITAS aprovada.

PROF<sup>ª</sup>. DR<sup>ª</sup>. PAULA MIDORI CASTELO FERRUA

PROF. DR. LUIZ FILIPE BARBOSA MARTINS

PROF<sup>ª</sup>. DR<sup>ª</sup>. ALINE ROGÉRIA FREIRE DE CASTILHO

PROF<sup>ª</sup>. DR<sup>ª</sup>. CAROLINA STEINER OLIVEIRA ALARCON

PROF<sup>ª</sup>. DR<sup>ª</sup>. SANDRA KALIL BUSSADORI

A Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me deu força, sabedoria e discernimento durante toda essa caminhada.

Aos meus familiares, sobretudo aos meus pais e irmãos pelo apoio incondicional em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Campinas por meio do seu Magnífico Reitor, **Prof. Dr. Marcelo Knobel**; à Faculdade de Odontologia de Piracicaba na pessoa do seu diretor **Prof. Dr. Francisco Haiter Neto**; à coordenadora do programa de pós-graduação da FOP-UNICAMP **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karina Gonzales Silvério Ruiz**; ao coordenador do programa de pós-graduação em odontologia FOP-UNICAMP **Prof. Dra. Michelle Franz Montan Braga Leite** agradeço a oportunidade de poder fazer parte como aluna de pós-graduação desta conceituada universidade.

À **CAPES** (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) – código de financiamento 001 e **FAPESP** (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) - n. 2016/13867-0 pela bolsa e auxílio concedidos, respectivamente.

Às professoras do Departamento de Odontologia Infantil da área de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, **Profa. Dr.<sup>a</sup>. Fernanda Miori Pascon**, **Profa. Dr.<sup>a</sup>. Maria Beatriz Duarte Gavião**, **Profa. Dr.<sup>a</sup>. Marinês Nobre dos Santos Uchôa**, **Profa. Dr.<sup>a</sup> Carolina Steiner de Oliveira Alarcon** e **Profa Dr.<sup>a</sup>. Regina Maria Puppini Rontani** pelos ensinamentos e por toda a atenção e incentivo durante o curso.

Aos funcionários **Marcelo Maistro** e **Shirley Moreto** pelo auxílio nas tarefas laboratoriais e burocráticas do departamento.

Aos professores e alunos que contribuíram com o trabalho, **Profa. Dr.<sup>a</sup>. Regina Maria Puppini Rontani**, **Profa. Dr.<sup>a</sup>. Ana Cláudia Rossi**, **Prof. Dr. Alexandre Rodrigues Freire** e **Kelly Guedes de Oliveira Scudine**.

Ao **Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI)** pela parceria e contribuição na realização deste trabalho. Em especial ao **Prof. Dr. Pedro Yoshito Noritomi**, **Leonardo Mendes Ribeiro Machado** e **Thanus Miziara** por todo auxílio e tempo dedicados.

Aos meus colegas de turma **Emerson Tavares**, **Samuel Chaves**, **Lenita Lopes** e **Jossaria Sousa** pela convivência e que tornaram esta jornada mais leve.

A todos os alunos de pós-graduação pelos momentos de incentivo e descontração.

À minha querida amiga **Darlle S. Araújo**, que me apoiou de diversas maneiras nessa etapa tão importante da minha vida e pela amizade linda que construímos.

À minha irmã de coração **Nayara Faria** pela amizade que me proporciona apoio, ânimo e coragem.

Ao meu marido **Leonardo Gaedke** pela paciência e apoio a cada passo e conquista da minha vida pessoal e profissional.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Aos meus pais **Marcos Martins de Freitas** e **Elizabete Santos Nobre** pelo apoio e amor incondicional, por não pouparem esforços para que este objetivo fosse alcançado.

Aos meus irmãos **Cecília Nobre** e **Flávio Nobre** por serem meus companheiros de vida e dividir comigo as angústias e alegrias de todas as etapas de vida.

À minha orientadora, **Profa Dr<sup>a</sup>. Paula Midori Castelo Ferrua**, profissional dedicada e comprometida com a excelência em tudo o que faz. Agradeço a compreensão e paciência demonstrada durante o período do projeto, por me acolher carinhosamente em sua equipe. Enfim, agradeço pela oportunidade de ser sua aluna e pela confiança depositada.

## RESUMO

O uso prolongado de chupetas traz efeitos deletérios à criança, podendo prejudicar o crescimento e desenvolvimento das estruturas orofaciais e da oclusão. O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição das tensões mecânicas de três diferentes geometrias de chupetas sobre o palato (Artigo 1) e o efeito de dois métodos de desinfecção física (calor) sobre a rugosidade superficial de chupetas de silicone (Artigo 2). O Artigo 1 descreve a distribuição da tensão principal máxima e do deslocamento em magnitude de três diferentes tipos de bicos de chupetas de silicone: convencional (A), ortodôntica (B) e *Super Soothie*<sup>TM</sup> (C). As imagens dos três bicos de chupetas foram adquiridas por escaneamento 3D. A estrutura do palato foi recriada por tomografia computadorizada de um crânio seco de uma criança com ~3 anos de idade, enquanto a estrutura da língua foi reconstruída por meio de *software* usando dados disponíveis na literatura. As propriedades mecânicas do material da chupeta foram determinadas por meio do ensaio de tração à ruptura em Máquina de Teste Universal- EMIC DL500, onde 15 amostras padronizadas foram removidas de cada tipo de chupeta (A, B e C). A força máxima de língua foi obtida pela avaliação de 8 crianças com ~3anos de idade pelo instrumento IOPI. Posteriormente, os três sistemas foram discretizados em elementos finitos e a força aplicada sobre os modelos para a simulação. Observou-se que o bico B apresentou os maiores valores de tensão máxima distribuída sobre o palato, seguido da chupeta A. A chupeta B estimulou um deslocamento em magnitude maxilar para frente e para os lados, enquanto a A promoveu uma deformação para cima, favorecendo um palato mais atrésico. Os dois tipos de chupeta tendem ao movimento de giro no plano sagital, gerando tensões na região de incisivos e podendo resultar em mordida aberta anterior. O bico C apresentou uma melhor distribuição das tensões sobre o palato, permitindo a distribuições de tensões mais favorável sobre a maxila, para frente e para os lados sem influência na inclinação dos dentes incisivos superiores. O artigo 2 apresenta a variação na rugosidade superficial de três tipos de chupetas convencional (A), ortodôntica (B) e *Super Soothie*<sup>TM</sup> (C); n=20 cada) quando submetidas a processos de desinfecção por calor. A rugosidade superficial e morfologia microscópica foram avaliadas ao *baseline*, 15 e 30 dias após desinfecção com água fervente e micro-ondas (7 e 5 min, respectivamente), utilizando-se perfilômetro e microscópio eletrônico de varredura. Ao *baseline*, foi encontrada maior rugosidade superficial na chupeta C em relação à A e B. Foi observado um efeito de interação tempo\*chupeta, ou seja, um aumento da rugosidade superficial após a desinfecção dependente do tipo de chupeta, sendo maior para a chupeta C aos 15 e 30 dias (p <0,001; ANOVA modelo misto de três vias), enquanto o efeito do tipo de

desinfecção (micro-ondas/fervura) não foi significativo. A análise microscópica mostrou a presença de mais rugosidade, saliência e poros após 15 e 30 dias de desinfecção em todas as amostras, mas que foram mais proeminentes na chupeta C o que pode favorecer a colonização microbiana. Sendo assim, os três tipos de chupetas diferiram na avaliação da performance frente a distribuição de tensões mecânicas sobre o palato e resistência aos métodos de desinfecção por calor, informações estas que podem ajudar na orientação dada aos pais e cuidadores.

**Palavras-chave:** Saliva artificial. Chupetas. Desinfecção. Sucção. Análise de Elementos Finitos. Sistema Estomatognático. Criança.

## ABSTRACT

The prolonged use of pacifiers has deleterious effects on the child, which may impair the growth and development of orofacial structures and occlusion. The aim of this study was to evaluate the distribution of mechanical stresses of three different pacifier geometries on the palate (Article 1) and the effect of two physical disinfection methods (heat) on the surface roughness of silicone pacifiers (Article 2). Article 1 describes the distribution of maximum principal stress and magnitude displacement of three different types of silicone pacifiers: conventional (A), orthodontic (B) and Super Soothie™ (C). The images of the three pacifier nipples were acquired by 3D scanning. The palate structure was recreated by computed tomography of a dry skull of a ~ 3-year-old child, while the tongue structure was reconstructed using software and data available in the literature. The mechanical properties of the pacifier material were determined by the rupture tensile test on a Universal Testing Machine- EMIC DL500, in which 15 standardized samples were removed from each pacifier type (A, B and C). Maximum tongue strength was obtained by evaluating 8 children aged ~ 3 years using the IOPI instrument. Subsequently, the three systems were discretized into finite elements and the force applied to the models for the simulation. It was observed that the nipple B presented the highest values of maximum distributed stress on the palate, followed by the pacifier A. The pacifier B stimulated a displacement in maxillary magnitude forward and to the sides, while the pacifier A promoted an upward deformation, resulting in a more atresic palate. Both types of pacifiers tend to rotate in the sagittal plane, generating tension in the incisors region, which can result in an anterior open bite. The nipple C showed a better distribution of stress on the palate and a more favorable maxillary distribution stimulus, forwards and to the sides without influence on the inclination of the upper incisor teeth. Article 2 presents the variation in surface roughness of three types of pacifiers conventional (A), orthodontic (B) and Super Soothie™ (C); n=20 each) when subjected to heat disinfection processes. Surface roughness and microscopic morphology were assessed at baseline, 15 and 30 days after boiling water and microwave disinfection (7 and 5 min, respectively), using profilometer and scanning electron microscope. At baseline, higher surface roughness was found in the pacifier C than in the A and B pacifiers. An interaction effect time\*pacifier was observed, i.e. an increase in surface roughness after disinfection was pacifier type-dependent, being greater for pacifier C at 15 and 30 days ( $p < 0.001$ ; Three-way mixed model ANOVA), while the effect of the disinfection type (microwave/boil) was not significant. Microscopic analysis showed the presence of more roughness, salience and pores after 15 and 30 days of disinfection in all samples, but they were

more prominent in nipple C, which may favor microbial colonization. Thus, the three types of pacifiers differed in the performance evaluation regarding the distribution of mechanical stress on the palate and resistance to heat disinfection methods, information that may help improve the guidance given to parents and caregivers.

**Keywords:** Artificial saliva. Pacifiers. Disinfection. Suction. Finite Element Analysis. Stomatognathic System. Child.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 ARTIGOS	17
2.1 Artigo: Use of finite element analysis to describe the distribution of mechanical stress on the palate by different pacifiers	17
2.2 Artigo: Effects of different disinfection methods on surface roughness of pacifiers	40
3 DISCUSSÃO	54
4 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICES	63
APÊNDICE 1 - Partes componentes da chupeta	63
APÊNDICE 2 - Tipos de chupetas presentes na amostra	64
APÊNDICE 3 - Escaner EXAscan - Handyscan 3D Craform	65
APÊNDICE 4 - Figura esquemática do corpo de prova utilizado para ensaios de resistência à tração e alongamento	66
APÊNDICE 5 - Espécime sendo submetido ao teste de tração	67
APÊNDICE 6 - IOPI	68
ANEXOS	69
ANEXO 1 – Embalagens das chupetas	69
ANEXO 2 – Relatório de verificação de originalidade e prevenção de plágio	71
ANEXO 3 – Comprovante de submissão	73

## 1 INTRODUÇÃO

O reflexo de sucção é inato ao ser humano, tendo início ainda na vida intrauterina e desempenha um papel fundamental para a sobrevivência dos recém-nascidos, suprimindo suas necessidades emocionais e nutricionais (Silva e Manton, 2014). A sucção é considerada a primeira atividade muscular coordenada do sistema estomatognático e pode estar presente sob duas formas: sucção nutritiva e não nutritiva (Turgeon-O'Brien et al., 1996). A sucção nutritiva é aquela que proporciona nutrientes essenciais e pode ser oferecida por meio da amamentação natural (aleitamento materno) e artificial (mamadeira). Já a sucção não nutritiva pode ser representada pela sucção digital, de chupeta ou outro objeto e está relacionada à satisfação emocional da criança, sendo muitas vezes adotada em resposta a frustrações e para satisfazer sua ânsia e necessidade de contato, como um mecanismo de extravasamento de energia e de tensão (Turgeon-O'Brien et al., 1996; Jyoti e Pavanalakhmi, 2014).

O uso de chupeta tem sido recomendado pela Academia Americana de Pediatria para prevenir o risco da Síndrome da Morte Súbita Infantil “na hora da soneca e na hora de dormir” (Hauck, 2006; Mitchell e Milerad 2006; Horne et al., 2014; AAP, 2016). O mecanismo deste efeito protetor ainda é controverso, mas estudos demonstraram que o movimento de sucção não nutritiva ativa músculos na boca e faringe, promovendo assim a desobstrução das vias aéreas superiores, mantendo-as abertas mecanicamente (Tonkin et al., 2007; Correa et al., 2016). Entretanto, foi citada a necessidade de conhecer mais profundamente os mecanismos de seus efeitos e o papel de possíveis fatores de confusão, avaliando minuciosamente o dano potencial e o potencial benefício que valide esse efeito protetor (Hauck, 2006).

Embora a prevalência dos hábitos de sucção varie consideravelmente entre os diferentes países e culturas, estes são muito comuns em crianças. Na Itália foi conduzido um estudo transversal envolvendo 235 crianças pré-escolares, onde se observou uma prevalência de hábitos de sucção não nutritivos de 74% (Silvestrini-Biavati et al., 2016). Um estudo realizado na população brasileira mostrou uma prevalência de hábitos de sucção não nutritiva em 58,2% das crianças de três a cinco anos de idade (Goés et al., 2013). Seu uso cada vez mais difundido pode ser atribuído a alguns efeitos positivos observados em crianças, como assegurar uma sensação de aconchego e segurança e alívio de dor durante experiências dolorosas (Li et al., 2006).

Entretanto, em crianças com hábitos de sucção não nutritiva é esperado um desequilíbrio entre as forças que atuam sobre a dentição, principalmente àquela exercida pela musculatura perioral e língua, as quais desempenham um papel importante na orientação da

irrupção dos dentes e estabelecimento da oclusão, assim como na manutenção da forma de arco e sua estabilidade (Silva et al., 2013). Desta forma, tais hábitos orais são os principais fatores de risco para má oclusão em dentes decíduos, e suas consequências nocivas foram relatadas em estudos prévios como a mordida aberta anterior e a mordida cruzada posterior (Lima et al., 2017; de Sousa et al., 2014). O diagnóstico precoce da má oclusão e a identificação dos fatores etiológicos são necessários para alcançar a regressão espontânea (Katri et al., 2003). Estudos demonstraram que quando os hábitos de sucção não nutritiva são interrompidos, pode ocorrer a remissão da mordida aberta anterior, embora a mordida cruzada posterior e a sobressaliência possam persistir após a interrupção do hábito (Wagner e Heinrich- Heltzien, 2015)

Warren e Bishara (2005) demonstraram que as durações dos hábitos de chupeta e de sucção digital foram positivamente relacionadas à prevalência de certas más-oclusões, mas com diferentes comportamentos. Ambos foram associados ao aumento da prevalência de mordida aberta anterior e sobremordida reduzida; os hábitos de chupeta foram associados ao aumento da prevalência de mordida cruzada posterior, enquanto os hábitos de sucção digital foram associados a maior sobressaliência e a maior profundidade e menor largura do arco maxilar.

Existem diversos tipos de chupeta e variações quanto à morfologia e composição do bico da chupeta. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2003), a chupeta é composta pelas seguintes partes: bico ou bulbo, escudo, botão e argola ou anel (Apêndice 1).

Quanto às características morfológicas, a geometria do bico pode ser classificada em dois tipos: *convencional* e *“ortodôntica”*. A chupeta convencional tem um bico com formato redondo, enquanto as ortodônticas foram projetadas para melhor atender às estruturas orais da criança, ajustando-se ao palato e língua e seguindo o movimento de sucção (Cunha et al., 1998). Um estudo controlado e randomizado demonstrou que o bico do tipo ortodôntico reduz a ocorrência de mordida aberta anterior (Lima et al., 2017). No entanto, sabe-se que quando a sucção de chupeta persiste após os três anos de idade o efeito pode ser ainda mais prejudicial no desenvolvimento dentário, diminuindo as chances de remissão espontânea (Poyak, 2006).

Embora diversos tipos de chupetas estejam comercialmente disponíveis e estudos clínicos relacionem o uso de chupeta com a ocorrência de alterações morfológicas maxilo-mandibulares e da oclusão (Lima et al., 2017), pouco se sabe sobre a distribuição das tensões mecânicas dos diferentes tipos de chupeta sobre as estruturas orais, como o palato e dentes. Neste contexto, a análise por elemento finito é uma ferramenta de pesquisa que permite avaliar os efeitos das tensões (tração e compressão) em estruturas vivas ou inertes, propiciando a

avaliação tridimensional da tensão (Korioth e Versluis, 1997; Iseri et al., 1998; Cattaneo et al., 2003; Jafari et al., 2003; Gautam et al., 2007). Esta metodologia permite, assim, a representação de qualquer estrutura em equações matemáticas mantendo as propriedades e geometria originais. Sendo um método de estudo não invasivo, não apresenta as limitações de modelos animais e humanos, sendo que a magnitude e a direção das forças podem ser modificadas sem afetar as propriedades físicas do material envolvido, podendo-se repetir o estudo quantas vezes forem necessárias.

Em relação à composição do bico, as chupetas podem ser de látex ou silicone. Durante o processamento da borracha natural e a criação da borracha sintética, várias substâncias podem ser adicionadas ao látex, como o bisfenol e nitrosaminas, com o intuito de lhe conferir maior elasticidade (Yamamoto e Yasuhara, 1999). Apesar de repetidas extrações, a N-nitrosamina e seus precursores podem persistir na borracha e, em contato com a saliva, esses produtos se volatilizam, o que pode trazer riscos à saúde. Desta forma, ressalta-se a importância de existirem normas que regulamentem a qualidade do material usado e a quantidade de substâncias químicas agregadas ao material (bico, disco e argola) com que são manufaturadas as chupetas (Adair, 2003). Pesquisadores também alertam para a possibilidade de existirem crianças alérgicas ao látex (Adair, 2003). Além disso, o látex é sensível quando submetido a repetidos processos de fervura, observando-se um processo de rompimento do material (Castilho e Rocha, 2009).

A matéria-prima à base de silicone representa uma classe importante de polímeros sintéticos amplamente empregados; são considerados quimicamente inertes e estáveis em altas temperaturas, sendo assim mais resistentes aos processos de fervura (Castilho e Rocha, 2009). No estudo de Aliprandini et al. (2011) foram avaliadas a resistência elástica e a densidade de diferentes materiais que compunham algumas das chupetas comercialmente disponíveis, as convencionais e as ortodônticas. Por meio de testes de alongamento do bico, observou-se que o silicone apresentou melhor desempenho quando comparado à borracha natural.

A chupeta pode ser classificada em três tamanhos de acordo com a faixa etária, sendo o tamanho 1 para crianças de 0 – 6 meses, tamanho 2 para maiores de 6 meses e tamanho 3 não recomendado para menores de 18 meses (ABNT, 2003). No entanto, esta classificação é bastante variável ao se considerar as marcas disponíveis comercialmente, enquanto que as dimensões e a espessura do bico da chupeta também mostram grande variabilidade.

A chupeta pode ainda ser considerada um veículo de contaminação e transmissão de microrganismos devido ao contato constante com a saliva e a microflora bucal (Comina et al., 2006). Alguns autores demonstraram que o uso de chupeta pode estar associado à ocorrência

de otite média (Uhari et al., 1996), formação de um biofilme bacteriano superficial com a presença de *Streptococcus mutans* e *Cândida albicans* (Vázquez-Nava et al., 2008) e infecções parasitárias intestinais (Pedroso e Siqueira, 1997). Considerando sua alta prevalência em vários países, os métodos de desinfecção para eliminar a contaminação por microrganismos orais em chupetas são uma questão importante para a saúde bucal e geral, pois a higienização adequada é fundamental para eliminar ou reduzir o número de microrganismos que nela ficam aderidas.

Recentemente, o uso do micro-ondas tornou-se um procedimento de rotina para a desinfecção de dispositivos e materiais odontológicos, como próteses, e também de chupetas e mamadeiras (Sanitá et al., 2009); é uma alternativa que se tornou acessível à população, mais segura e de fácil execução. A fervura em água é um procedimento comum, mais antigo, utilizado e recomendado por fabricantes e profissionais de saúde (Nelson-Filho et al., 2015). Mas é importante considerar que os procedimentos de desinfecção podem resultar em alterações nas superfícies dos materiais das chupetas, podendo facilitar a colonização por microrganismos. A extensão da alteração pode variar de acordo com o tipo de chupeta e também com a frequência e duração do método de desinfecção. Silva et al. (2009) verificou que a superfície lisa do silicone tem menor aderência microbiana, enquanto os bicos de látex de superfície rugosa apresentam maior acúmulo de biofilme.

Enquanto estudos relacionados à contaminação de chupetas podem ser encontrados na literatura (Comina et al., 2006; Pedroso et al., 1997), o conhecimento atual sobre as alterações morfológicas em superfícies de chupeta decorrentes dos métodos de desinfecção é muito escasso. Até nosso conhecimento, nenhum estudo anterior investigou o efeito de procedimentos de desinfecção na rugosidade da superfície do silicone ao longo do tempo.

Assim, os objetivos deste estudo foram:

- Avaliar a distribuição das tensões mecânicas de três diferentes geometrias de chupetas sobre o palato por meio de análise por elemento finito;
- Avaliar o efeito de diferentes métodos de desinfecção na rugosidade superficial de diferentes tipos de chupetas.

---

<sup>1</sup> Esta tese foi apresentada no formato alternativo de acordo com as normas estabelecidas pela deliberação 001/2015 da Comissão Central de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Campinas.

## 2 ARTIGOS

### 2.1 ARTIGO 1

**Título: Uso da análise por elemento finito na avaliação da distribuição de tensões mecânicas sobre o palato por diferentes tipos de chupetas**

*Title: Use of finite element analysis to describe the distribution of mechanical stress on the palate by different pacifiers*

Camila Nobre de Freitas<sup>1</sup>, Leonardo Mendes Ribeiro Machado<sup>2</sup>, Pedro Yoshito Noritomi<sup>2</sup>, Kelly Guedes de Oliveira Scudine<sup>1</sup>, Regina Maria Puppim Rontani<sup>1</sup>, Thanus Miziara<sup>2</sup>, Paula Midori Castelo Ferrua<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Piracicaba Dental School, University of Campinas (UNICAMP), Piracicaba, Brazil

<sup>2</sup> Three-Dimensional Technologies Division, Renato Archer Information Technology Center (CTI), Campinas, Brazil

<sup>3</sup> Department of Pharmaceutical Sciences, Federal University of São Paulo (UNIFESP), Diadema, Brazil

## Resumo

**Objetivo.** Este estudo teve como objetivo descrever o comportamento mecânico de três tipos diferentes de chupeta de silicone no palato e incisivos decíduos em um sistema virtual por meio de uma simulação de elementos finitos. **Materiais e Método.** As imagens de três bicos de chupeta, convencional (A), ortodôntico (B) e *Super Soothie*<sup>TM</sup> (C) foram adquiridas por escaneamento 3D. A estrutura do palato foi recriada por tomografia computadorizada de um crânio seco de uma criança de aproximadamente três anos de idade, enquanto a estrutura da língua foi reconstruída utilizando software e dados disponíveis na literatura. As propriedades mecânicas do material da chupeta foram determinadas pelo teste de tração à ruptura em máquina de teste universal (EMIC DL500), na qual 15 amostras padronizadas foram retiradas de cada tipo de chupeta (A, B e C). A força máxima da língua foi obtida avaliando 8 crianças com aproximadamente 3 anos, utilizando o instrumento de performance oral (IOPI). Posteriormente, os três sistemas foram discretizados em elementos finitos e a força aplicada aos modelos para a simulação. **Resultados e Conclusões.** Observou-se que o bico B apresentou os maiores valores de estresse máximo distribuído no palato, seguido pela chupeta A. A chupeta B estimulou o crescimento maxilar para a frente e para os lados, enquanto a chupeta A promoveram o crescimento para a frente e para cima, favorecendo um palato mais atrésico. Ambos os tipos de chupeta tendem ao movimento de sucção semicircular no plano sagital, gerando tensões de deslocamento na região de incisivos, o que pode resultar em mordida aberta anterior. Por outro lado, o bico da chupeta C apresentou melhor distribuição das tensões sobre o palato e um estímulo de crescimento maxilar mais favorável, para frente e para os lados sem influenciar a inclinação dos incisivos superiores, mostrando, assim, melhor desempenho na distribuição das tensões mecânicas no palato.

**Palavras-chave:** Sucção. Chupeta. Sistema Estomatognático. Criança. Análise por Elemento Finito.

## Introdução

A sucção é considerada a primeira atividade muscular coordenada do sistema estomatognático e pode estar presente de duas formas: sucção nutritiva e não nutritiva (Harding, 2009). Hábitos de sucção são adquiridos pela repetição frequente de atividades neuromusculares conscientes ou inconscientes reguladas por arcos reflexos provenientes de necessidades psicológicas (Katz et al., 2002). São considerados nutritivos quando satisfazem as necessidades nutricionais e podem ser oferecidos por meio da alimentação natural (aleitamento natural) e artificial (mamadeira); hábitos de sucção não nutritivos são aqueles que satisfazem necessidades psicológicas, sendo representados pela sucção digital, sucção de chupeta ou outros objetos, que estão relacionados à satisfação emocional da criança (Warren et al., 2005). Embora a prevalência de hábitos de sucção varie consideravelmente entre diferentes países e culturas, o uso de chupeta é muito comum. Um estudo realizado na população brasileira mostrou que a prevalência de hábitos de sucção não nutritiva pode chegar a 42,5% em crianças de 12 meses de idade (Moimaz et al., 2014).

Embora controversos, estudos e organizações sugerem um efeito protetor com o uso de chupeta, mencionando que o movimento de sucção não nutritiva acalma as crianças, reduz o choro, melhora o sono, tem efeito analgésico, supri parcialmente a necessidade de sucção e reduz o risco de morte súbita nos primeiros 6 meses de vida (Sexton, 2009). O uso de chupeta foi recomendado pela Academia Americana de Pediatria para prevenir o risco de síndrome da morte súbita do bebê, que deve ser oferecida “na hora da soneca e na hora de dormir” (AAP, 2016). A Academia Americana de Odontopediatria (AAPD, 2016) considera que comportamentos de sucção não nutritivos são naturais em crianças pequenas e geralmente estão associados à necessidade de satisfazer seu desejo de contato e segurança (Tuffnell et al., 1995). No entanto, foi advertido que o uso de chupeta pode causar alterações dentofaciais se não for interrompido antes dos três anos de idade (Monguilhott et al., 2003).

Sabe-se que em crianças com hábitos de sucção, principalmente os não nutritivos e artificiais, há um desequilíbrio entre as forças que atuam sobre os dentes, principalmente aquelas exercidas pelos músculos periorais e língua (Silva et al., 2013). Conseqüentemente, pode ser observada maior frequência de má oclusão, incluindo mordida aberta anterior, mordida cruzada posterior, relação molar de Classe II e sobressaliência (Warren et al., 2005; Montaldo et al., 2011; Wagner e Heinrich-Weltzien, 2015; Schmid et al., 2018). É importante notar que a presença de má oclusão, no entanto, depende não apenas da mera existência do hábito, mas

também do padrão de crescimento facial da criança, bem como da frequência, intensidade e duração do mesmo (Graber, 1963).

Com a transição do aleitamento materno exclusivo para alimentos sólidos e com o desenvolvimento físico e emocional da criança, a prevalência de hábitos de sucção não nutritiva tende a diminuir, geralmente desaparecendo entre um e três anos e meio de idade (Monguilhott et al., 2003). No entanto, muitas crianças persistem com o hábito durante a fase pré-escolar (Warren et al., 2005).

Existem muitos tipos de chupetas, mas, em geral, dois modelos de chupetas estão disponíveis comercialmente: convencional e ortodôntica (Lima et al., 2017). A principal diferença entre os dois tipos é seu tamanho e forma e seu comportamento no desenvolvimento de estruturas orais (Zardetto et al., 2002; Lima et al., 2017). A geometria da chupeta ortodôntica é baseada no desenho anatômico do mamilo, supostamente semelhante à forma que o mamilo adquire durante a amamentação, promovendo o selamento labial adequado (Adair et al., 1995; Lima et al., 2017). De acordo com a literatura, devido à sua forma anatômica, este tipo de bico adapta-se ao palato e ajusta-se bem à língua, seguindo o movimento de sucção (Cunha et al., 1998). Recentemente, a chupeta ortodôntica "Super Soothie™" (Philips Avent) foi disponibilizada em alguns países, cujo nome em inglês poderia ser traduzido como "consolação" ou "tranquilizadora". Segundo o fabricante, é constituída de uma única peça e confeccionada em silicone, disponibilizada nos tamanhos de 0 a 6 meses e de 3 a 18 meses. O seu bico tem um formato diferente para se ajustar à boca do bebê à medida que ocorre o crescimento da boca; além disso, seu formato permite colocar o dedo da mãe no interior do bico ("tetina"), com o intuito que "laços sejam criados com o bebê durante a utilização da chupeta". No entanto, é de notar que o conhecimento sobre a relação entre as propriedades físicas dos bicos de chupeta, como geometria, tamanho e espessura, e seu comportamento mecânico sobre estruturas duras como palato e dentes, é escasso.

Um dos poucos estudos encontrados é o estudo de Levrini et al. (2007), que aplicou a análise de elementos finitos para avaliar o comportamento mecânico de chupetas com bico ortodôntico, convencional e em forma de gota (bico "chato") no palato de um neonato; nesse estudo, o tipo ortodôntico apresentou distribuição de compressão transversal mais uniforme e ampla, além de menor carga na crista palatina anterior em relação às demais chupetas. No entanto, nenhum outro estudo utilizou esta abordagem para avaliar o impacto da sucção de chupeta em uma criança na fase de dentição decídua e, considerando-se que as dimensões e a espessura do bico mostram grande variabilidade de acordo com a idade, é importante saber se

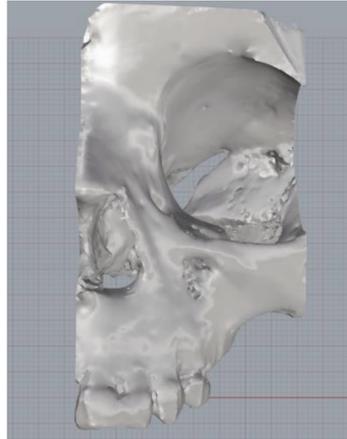
suas dimensões são apropriadas para uma criança mais velha, garantindo-se assim o menor dano possível.

As dificuldades inerentes à realização de estudos clínicos sobre esse assunto tornam a análise de elementos finitos uma alternativa viável e interessante, com a possibilidade de responder questões de interesse clínico (Trivedi, 2014). Considerando que o uso de chupeta pode persistir além dos três anos de idade, o objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição de tensões mecânicas sobre o palato de uma criança de 3 anos de idade por três tipos diferentes de chupeta de silicone por meio de um sistema virtual e simulação de elementos finitos.

### **Material e Métodos**

Este é um estudo *in-silico* aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (UNICAMP) sob protocolo n. 2.365.832/2017.

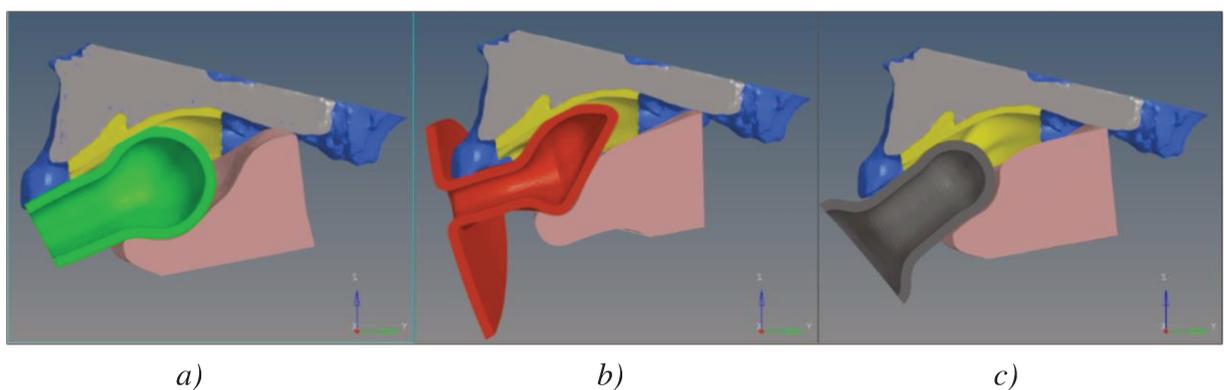
Um modelo de uma hemi-maxila no formato estereolitográfico (STL) (Figura 1), foi construído graficamente utilizando o software Rhinoceros® 5.0 (McNeel North America, Seattle, WA) a partir do exame de tomografia computadorizada de um crânio seco de uma criança de aproximadamente 3 anos (não identificada), que faz parte de uma coleção institucional (Área de Anatomia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP). O modelo foi constituído pela estrutura óssea da maxila, base do crânio (ossos zigomáticos, nasais, esfenoide e frontal), dentes incisivos centrais aos primeiros molares decíduos superiores e uma sutura óssea representada pela sutura palatina mediana (SPM). O modelo sólido da língua foi reconstruído por meio do mesmo software utilizando-se curvas e dimensões geométricas do estudo de Hopkin (1967), sendo o comprimento de 39,91 mm, largura de 25,43 mm e espessura de 8,76 mm.



**Figura 1** - Maxila no formato estereolitográfico (STL) obtida por tomografia computadorizada de um crânio seco.

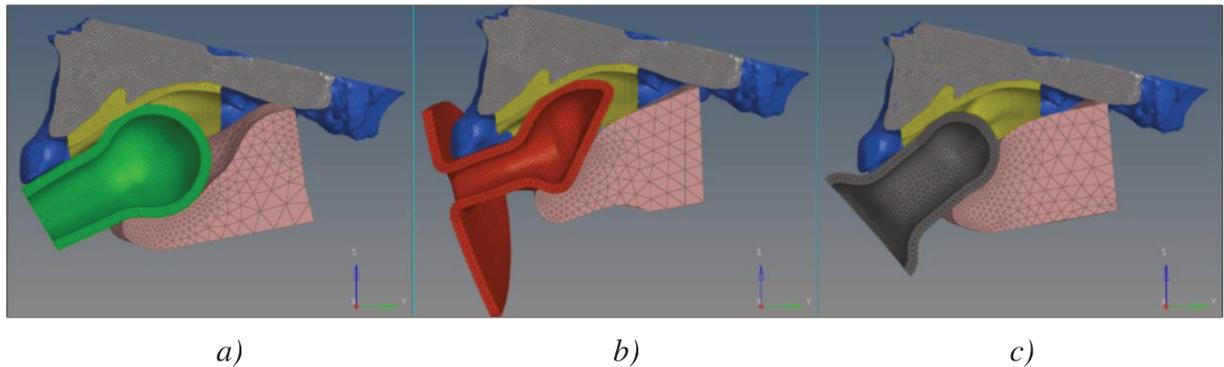
O procedimento de captação das imagens das chupetas convencional (A), ortodôntica (B) e *Super Soothie*<sup>TM</sup> (C) (Apêndice 2) foi realizado com o escaner portátil de alta resolução EXAscan (Handyscan 3D da Creaform), no Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI, Campinas, SP) (Apêndice 3).

A nuvem de pontos captados foi automaticamente enviada ao computador do escâner (Workstation gráfica, Sun Microsystems modelo Ultra 40), onde foram armazenadas digitalmente para posteriormente serem modeladas em três dimensões por meio do software Rhinoceros versão 5.0. Uma vez que todos os corpos sólidos foram produzidos para realizar a simulação, foi necessário unir as imagens da chupeta, palato e língua, como mostra a Figura 2.



**Figura 2** - a) Digitalização de imagens da chupeta A (Convencional à esquerda), palato e língua; chupeta B (ortodôntica, ao centro), palato e língua e chupeta C (*Super Soothie*<sup>TM</sup> à direita), palato e língua.

Posteriormente, o programa Hypermesh® foi utilizado para geração da malha de elementos tetraédricos de 6 nós por elemento (Figura 3). O modelo apresentou 6 graus de liberdade por nó, ou seja, pode receber aplicação de forças e transladar nas 3 direções X, Y e Z. A análise foi representada como não-linear estática, a qual após sofrer a deformação ocorre um retorno à condição de origem sem seguir um padrão (Lotti et al., 2006). O número de nós e elementos da malha em cada componente e em cada modelo estão representados na Tabela 1.



**Figura 3** - a) Malha de elementos tetraédricos para a chupeta A (Convencional à esquerda), palato e língua; b) chupeta B (ortodôntica, ao centro), palato e língua; c) chupeta C (Super Soothie™ à direita), palato e língua.

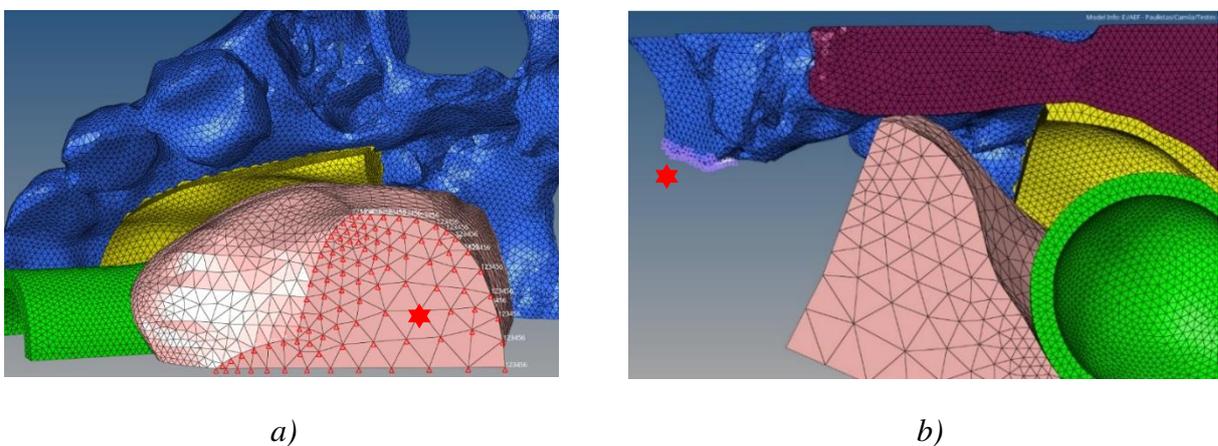
**Tabela 1** - Número de nós e elementos da malha constituintes

Componente	Nº de elementos	Total
Crânio	270891	
Palato	30501	
Chupeta A	37578	363000
Língua	21240	
Sutura	2790	
Crânio	272144	
Palato	30501	
Chupeta B	47234	375579
Língua	23006	
Sutura	2694	
Crânio	270891	
Palato	30529	
Chupeta C	18100	347366
Língua	25056	
Sutura	2790	

Foi realizado um estudo para checar a qualidade da malha. Foram utilizados parâmetros para avaliar as diferenças entre as dimensões dos elementos, o mapeamento entre o espaço do elemento e o espaço real, o ângulo entre as arestas e a torção na malha, desta forma quanto mais semelhante, melhor a qualidade dos elementos. Foi utilizado o determinante da Matriz Jacobiana e comparou-se com o valor ideal. O melhor valor médio obtido que permitiu convergência do modelo foi 0,9, quanto mais elementos próximos de 1, melhor a malha do modelo.

Os modelos anatômicos foram então importados para o software Altair® HyperWorks® v.2019 (Altair Engineering Inc., Michigan, EUA) onde foram realizadas as fases de processamento e análise dos resultados.

Para a análise não-linear no software Altair® HyperWorks®, alguns parâmetros foram considerados para a simulação. A condição de contorno das interfaces entre as chupetas e as estruturas foi estabelecida por meio de contatos, do tipo *freeze*, que representa uma interação perfeitamente unida, sem que possibilite o deslizamento ou a separação entre elas em nenhuma direção, e esse tipo de contato foi estabelecido na fixação da base da língua (Figura 4a) e no engaste na base do crânio (Figura 4b). Os contatos do tipo *slide*, onde as estruturas apresentam um tipo de interação, de deslizamento em direção aos vetores X (esquerda/direita) e Y (frente/ trás), foram declarados entre as superfícies de interesse: chupeta com a língua e chupeta com o palato. Restrição de movimentos em direção ao vetor Z (para cima) foi inserida no topo do crânio, como demonstrada na Figura 5a. Por fim, foi atribuída na região da SPM, uma condição matemática de simetria e as reações foram recriadas simetricamente no lado oposto para obter resultados equivalentes para os dois lados, como representado na Figura 5b.



**Figura 4** – a) Fixação da base da língua (\*); Vista ínfero-superior. b) Engaste na porção posterior do crânio (\*); Corte sagital.



**Figura 5** – a) Restrição de movimentos em direção ao vetor Z, no topo do crânio (\*); Corte transversal. b) Condição de contorno de simetria (\*).

Para avaliação da distribuição de tensões, deformações e deslocamentos que acontecem na simulação, propriedades físicas e mecânicas como o Módulo de elasticidade ou Módulo de Young e o coeficiente de Poisson foram atribuídas ao modelo. Os materiais foram caracterizados como elásticos lineares e isotrópicos, cuja curva de tensão x deformação é considerada de tal maneira que quando o material recebe determinada tensão, sofre uma correspondente deformação, e, quando essa tensão cessa, o material retorna ao estado inicial, como determina a lei de Hooke (Zelic et al., 2014). O Módulo de Elasticidade expressa a rigidez do material, representando a tensão necessária para produzir uma quantidade unitária de deformação elástica. Quanto maior for o valor deste, menores serão as deformações elásticas resultantes da aplicação de carga, sendo mais rígido o material (Melconian, 2014). No tracionamento de um material na direção longitudinal, o esforço gera contrações nas direções transversais, o cálculo da razão da deformação relativa transversal e da deformação relativa longitudinal resulta no denominado Coeficiente de Poisson (Shaw et al., 2004).

Os módulos de elasticidade (módulo de Young - MPa), os respectivos coeficientes de Poisson para cada material, bem como as referências relativas utilizadas neste estudo estão descritas na Tabela 2.

**Tabela 2** - Parâmetros utilizados no estudo para cada estrutura modelada de acordo com a literatura.

<b>Material</b>	<b>Módulo de elasticidade (MPa)</b>	<b>Coefficiente de Poisson (<math>\nu</math>)</b>	<b>Referências</b>
Língua	5	0,45	(Levrini et al., 2007)
Osso	100000	0,3	(Serpe et al., 2014)
Sutura palatina	1	0,49	(Provatidis et al., 2008)
Mucosa	10	0,4	(Tehranchi et al, 2013)
Dentes	20000	0,3	(Tanne et al., 1989)

Por outro lado, os módulos de elasticidade das três chupetas foram obtidos por meio de análises laboratoriais realizadas no bico dos três tipos de chupetas. Trinta espécimes, sendo 10 espécimes do tipo A, 10 do tipo B e 10 do tipo C foram obtidos para a realização do teste de resistência à tração e cálculo do módulo de elasticidade. Utilizando um paquímetro manual para medição (CD-6"BS, Mitutoyo Corporation, Japão), os espécimes foram obtidos de forma padronizada (Apêndice 4).

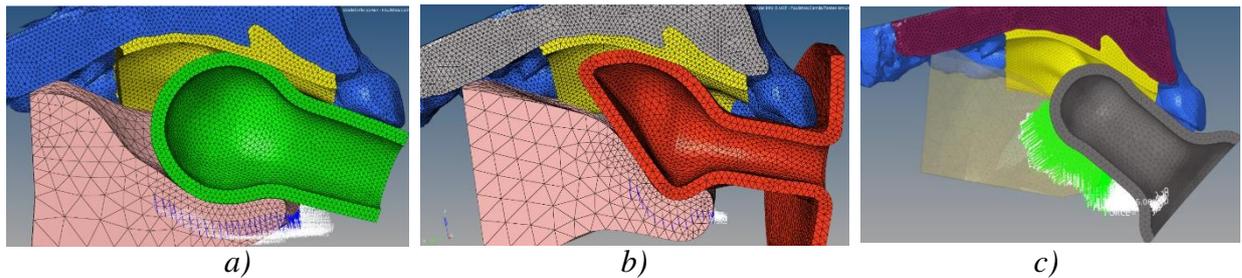
Durante o teste, cada amostra foi fixada na base da máquina de teste universal EMIC (modelo DL 500, São José dos Pinhais, Brasil), de modo que uma extremidade permaneceu estacionária enquanto a máquina puxava a outra extremidade verticalmente e em velocidade constante (Aliprandini et al., 2011), determinando o alongamento da amostra até sua ruptura (Apêndice 5). Os testes foram realizados em temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) e a resistência à tração foi avaliada pela carga aplicada por unidade de área no momento da falha. Para o teste foi considerada a Norma ISO37, específica para a determinação das propriedades de tensão-deformação de borrachas.

A força da língua foi medida usando o *Iowa Oral Performance Instrument* (sistema IOPI), modelo 2.2 (Northwest Co., LLC, Carnation, WA, EUA) (Apêndice 6). Um total de oito pré-escolares de 3 anos de idade, de creches de Piracicaba (SP, Brasil), foram convidados a participar da pesquisa após a aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos pais/responsáveis. Após a devida autorização dos responsáveis e das crianças, os participantes foram submetidos aos seguintes procedimentos, em sala reservada, na creche.

Após as instruções, o bulbo da língua foi posicionado posteriormente aos incisivos centrais na região da papila incisiva pelo examinador e foi solicitado à criança que elevasse a língua e pressionasse o bulbo contra o palato o mais forte possível por aproximadamente 3 segundos, por três vezes. Um período de descanso de 30 segundos foi definido entre as

medições; a força máxima gerada foi considerada como o valor final, expresso em kilopascal (kPa) (Potter e Short, 2009).

A força máxima de língua obtida na análise foi aplicada nos nós internos da língua dissipando-se para toda a área de contato com as chupetas. Aplicação da força máxima de língua respectiva em cada bico de chupeta estão representadas nas Figuras 6a – 6c.



**Figura 6 - a)** Aplicação da força máxima de língua em toda a área de contato com a chupeta A (convencional); **b)** chupeta B (ortodôntica); **c)** chupeta C (Super Soothie™).

A simulação da análise de elementos finitos dos três diferentes bicos de chupetas foi realizada levando-se em consideração as características dos materiais como elásticos e isotrópicos, sendo desta forma as suas propriedades mecânicas as mesmas em todas as direções (X, Y, Z) (Lotti et al., 2006).

Os resultados foram apresentados considerando-se uma análise qualitativa, correspondente à escala de tensão máxima principal nos elementos. Cada tonalidade corresponde a uma quantidade de tensão ou deslocamento gerada sobre as estruturas, sendo os valores quantitativos desta escala expressos em MPa.

Foram analisadas:

a. Tendência de deslocamento em magnitude nas 3 direções do espaço. Sendo a escala representada por valores em milímetros e crescente das cores frias (tons de azul) para cores quentes (tons de vermelho).

b. Tensão principal máxima, que corresponde às máximas tensões. Os valores positivos representam tração e os valores negativos compressão.

## Resultados e Discussão

Os valores encontrados para a força máxima da língua das oito crianças avaliadas são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3.** *Valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo obtidos para a força de língua (kPa)*

	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Meninos	4	20,67	0,72	18	23
Meninas	4	24,83	0,43	22	28
Total	8	22,75	2,29	18	28

Os valores encontrados para a força máxima da língua corroboram os achados de Potter e Short, (2009), que avaliaram a força máxima da língua utilizando o mesmo instrumento (IOPI) em 28 pré-escolares de três anos de idade, obtendo uma média de 20,55 kPa. A força de língua média encontrada do presente estudo foi de 22,75 kPa, a qual foi utilizada para os ensaios.

As crianças foram capazes de tolerar o posicionamento do bulbo na cavidade oral. Todas as crianças demonstraram alguma variabilidade entre os ensaios, refletido nas diferenças no desenvolvimento biológico e cognitivo (Potter e Short, 2009; Paus et al., 1999). No geral, eles tiveram um desempenho confiável durante as medições.

Os valores obtidos no ensaio de tração dos espécimes retirados das 3 chupetas (15 espécimes cada) são mostrados na Tabela 4 abaixo:

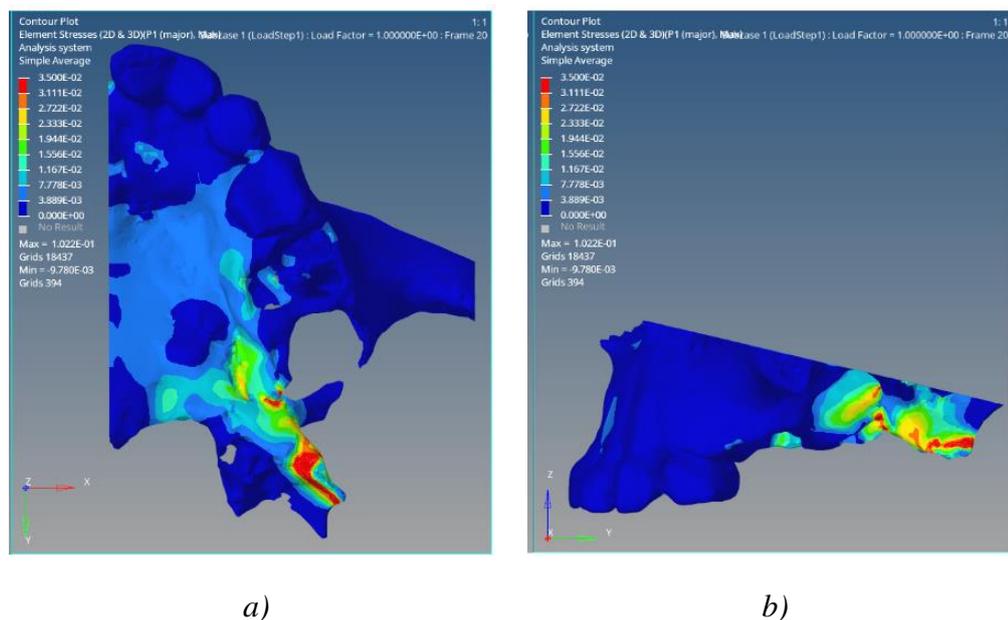
**Tabela 4.** Valores de média e desvio padrão obtidos no ensaio de tração dos espécimes retirados dos três tipos de chupetas (kPa).

Chupeta A		Chupeta B		Chupeta C	
AMOSTRA	MÓDULO DE ELASTICIDADE	AMOSTRA	MÓDULO DE ELASTICIDADE	AMOSTRA	MÓDULO DE ELASTICIDADE
1	8,97	1	9,26	1	8,83
2	6,72	2	9,76	2	4,44
3	8,29	3	10,46	3	8,10
4	10,21	4	7,37	4	9,67
5	10,08	5	9,97	5	9,87
6	7,29	6	6,67	6	10,31
7	7,71	7	8,30	7	6,17
8	7,39	8	13,60	8	4,62
9	4,80	9	11,85	9	13,03
10	9,24	10	6,62	10	10,07
11	6,86	11	9,97	11	8,30
12	11,46	12	8,90	12	9,58
13	8,25	13	9,93	13	10,34
14	8,94	14	7,64	14	9,15
15	10,46	15	9,03	15	10,77
<b>Média</b>	8,44	<b>Média</b>	9,29	<b>Média</b>	8,88
<b>DP</b>	1,73	<b>DP</b>	1,88	<b>DP</b>	2,31

Os valores encontrados de módulo de elasticidade após o ensaio de tração mostraram pequena variabilidade entre os três tipos de bico de chupeta, uma vez que são compostos pelo mesmo tipo de material, silicone. A variabilidade pode estar associada ao processo de produção do material, lotes diferentes, como também sobre o padrão geométrico da chupeta (Levrini et al., 2007). Como o módulo de elasticidade expressa a rigidez do material, um aumento no valor deste pode representar maior indução de tensão na interface entre as estruturas.

O processamento dos resultados, após análise matemática feita pelo programa HyperWorks®, foi realizado qualitativamente pela observação visual das imagens gráficas das tensões e seus gradientes de cores, geradas e impressas pelo programa de computador. A partir dos resultados obtidos na análise de elementos finitos, verificou-se que houve uma diferença na distribuição das tensões no palato para cada geometria de bico da chupeta, como explicitado a seguir. As tensões máximas principais mostram as regiões que sofreram tração (valores positivos) e compressão (valores negativos) em resposta ao contato das estruturas.

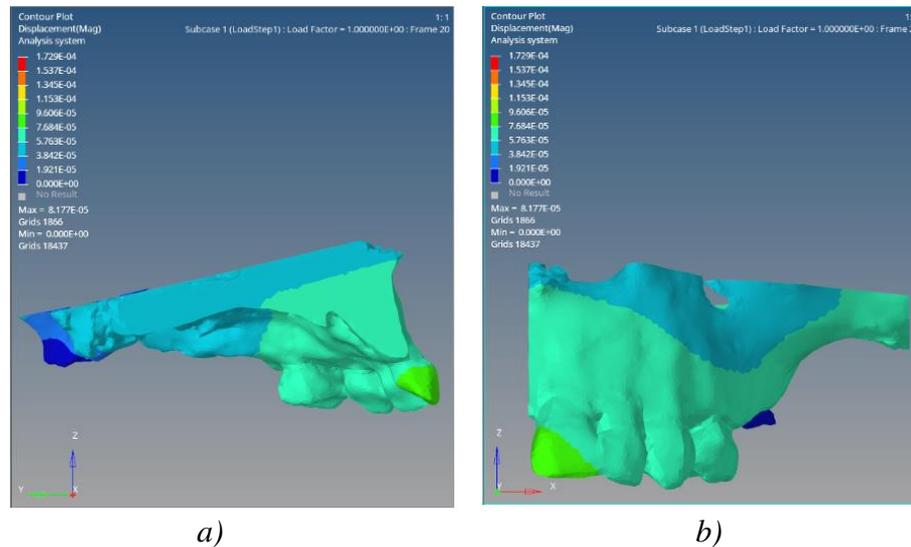
Em relação à chupeta A, observou-se a concentração de tensões na região anterior e lateral do palato, onde foi estabelecido o contato, representado por dois pontos de coloração mais expressiva e que se propagam para a região central do palato de forma tênue (cores intermediárias), apresentando pouca influência sobre a sutura palatina (Figura 7a). Regiões posteriores do crânio, como os pilares de sustentação que estão engastados produzem como resposta naturalmente tensões de tração (Figura 7b). A tensão gerada pela porção posterior do crânio acaba dissipando-se para a região de fossa nasal e abertura piriforme, promovendo uma tendência de uma deformação maxilar para cima.



**Figura 7** – a) Distribuição da tensão principal máxima na porção óssea da maxila pelo contato com a chupeta A (convencional), vista oclusal; b) vista lateral.

A escala de cor mostra a tendência de deslocamento em milímetros, onde os menores deslocamentos são representados pela cor azul e os maiores, pela cor vermelha. A tendência do deslocamento durante o movimento de sucção do bico A é de realizar movimento de giro no plano sagital, com consequentemente concentração das tensões na região de incisivos, representada pela cor verde na Figura 8. Desta forma, além de promover uma deformação maxilar para cima, o bico convencional promoveria a inclinação dos incisivos superiores anteriores, favorecendo a mordida aberta. Estes resultados corroboram com os achados de Lima et al. (2017) que investigaram os efeitos das chupetas convencionais e ortodônticas na prevalência de má oclusão em crianças em três momentos, nascimento, 12-24

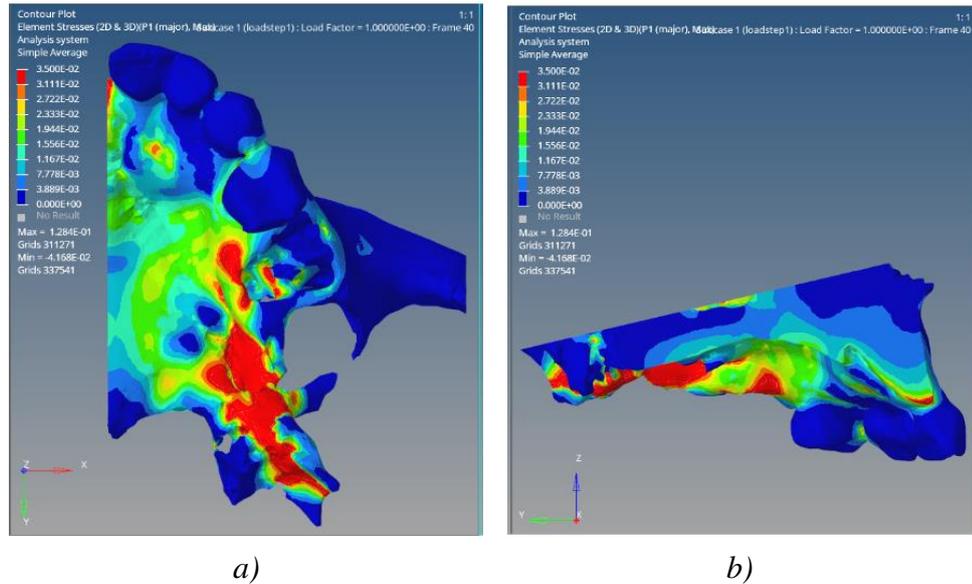
meses e 24-36 e verificaram que o uso de chupeta convencional foi associado à mordida aberta anterior e sobressaliência mais acentuada em comparação ao uso de chupeta ortodôntica.



**Figura 8** – a) Deslocamento em magnitude para a chupeta A (convencional), corte sagital; b) vista frontal.

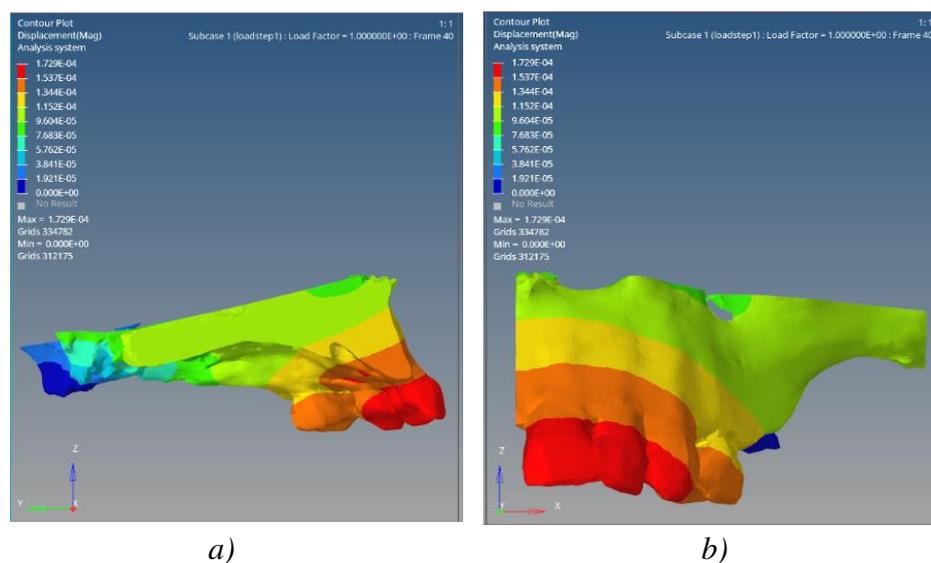
Com relação à geometria da chupeta B é notável o maior acúmulo de tensões neste tipo de bico, introduzindo um maior esforço se comparado as demais chupetas. Enquanto a chupeta A e a C produziram pontos de tensões concentrados na região anterior, no bico B houve um carregamento de tensão mais intenso (representado pelas cores vermelhas e amarelas) a partir do ponto de contato lateralmente à região anterior distribuindo-se para a região da SPM e pilares de sustentação (Figura 9).

As concentrações de tensão na região anterior palatina e posterior do crânio promovem uma tendência do deslocamento em magnitude maxilar no sentido de abertura lateral da SPM e um avanço do crescimento maxilar para frente, respectivamente. Os resultados encontrados corroboram o estudo de Levrini et al. (2007) que verificaram que quanto maior a extensão do contato da chupeta com a superfície palatina, maior o estresse distribuído.



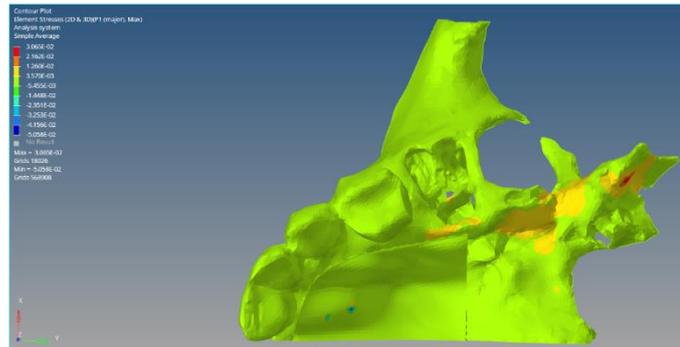
**Figura 9** – a) Distribuição da tensão principal máxima na porção óssea da maxila pelo contato com a chupeta B (ortodôntica), vista oclusal; b) corte sagital.

O bico da chupeta do tipo B, obteve uma maior área de contato com a superfície do palato e assim como o bico A, o deslocamento da chupeta B durante o movimento de sucção tende a ser semicircular. A região da haste de silicone mais próxima ao arco dentário atua como região de fulcro, resultando em ondas de deslocamento paralelas e formam um semicírculo. Tal comportamento gera um acúmulo de tensões na região anterior dos incisivos centrais, o que também pode favorecer a ocorrência de mordida aberta anterior (Figura 10).



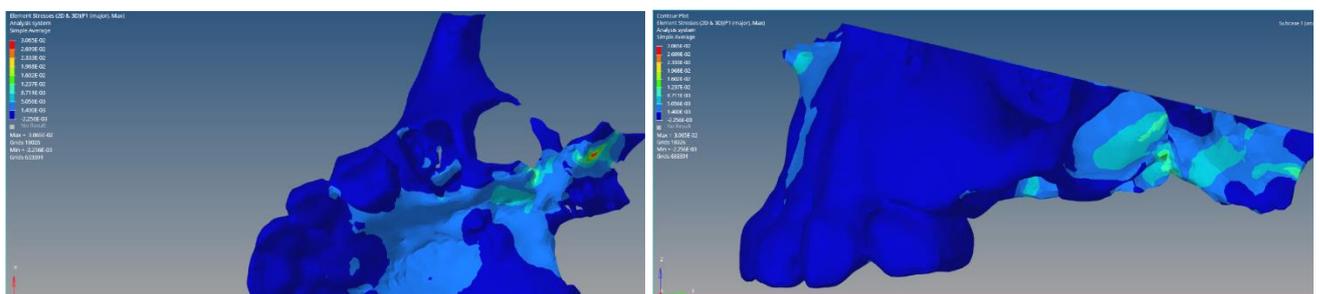
**Figura 10** – a) Deslocamento em magnitude para a chupeta B (ortodôntica), corte sagital; b) vista frontal.

Na biomecânica da chupeta do tipo C observa-se após a língua estabelecer o contato com a chupeta, que a mucosa que reveste o palato sofre compressão na área, representada pelas regiões de cor azul concentradas na porção anterior do palato, havendo uma significativa distribuição das tensões (cores intermediárias) do ponto de contato por todo o arco, concentrando-se para as regiões dos pilares de sustentação posteriores (Figura 11). Desta forma, pouca tensão é dissipada ao osso palatino.



**Figura 11-** Áreas de compressão da mucosa palatina pelo contato com a chupeta C (Super Soothie™).

Isolando-se a mucosa e analisando somente o osso palatino verificou-se que após a reação do contato, a tensão ocorre de maneira mais uniforme e atenuada (cor azul claro) da área de contato lateralmente, dissipando para as regiões de SPM, espinha nasal e distribuindo-se para as regiões de pilares de sustentação do crânio, processo pterigoide e base do crânio (Figuras 12a e 12b).

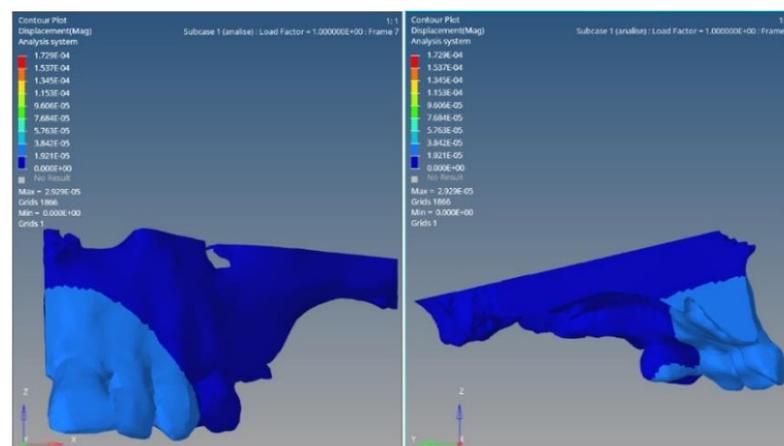


**Figura 12-** a) Distribuição da tensão principal máxima na porção óssea da maxila pelo contato com a chupeta C (Super Soothie™), vista oclusal; b) vista lateral.

Verifica-se também a tendência do deslocamento em magnitude do osso maxilar para frente, bem como de sofrer uma expansão lateral pela indução de tensão sobre a SPM, resultando desta forma em uma distribuição de tensões mais favorável, com leve e quase nula inclinação do eixo dos dentes anteriores. Desta forma, a distribuição dessas tensões em para frente e para baixo respeita o princípio em “V” presente no arco maxilar (Enlow e Bang, 1965; Moyers, 1991). Nota-se na Figura 12b uma área de compressão (área azul) escura na região de soalho da fossa nasal e espinha nasal anterior, e esta área compensa o crescimento com reabsorção modeladora.

Quanto ao deslocamento em magnitude, a chupeta do tipo C não tem a tendência do movimento de sucção em giro no plano sagital durante a sucção. As ondas de deslocamento não formam semicírculos bem nítidos, mas sim, um degrade de linhas com movimento mais retilíneo (Figura 13), ou seja, tende a deslocar-se para frente quando é impulsionada pela língua e para dentro quando é realizado o movimento de sucção.

Interessante notar que se observou uma tendência de deslocamento para baixo e movimento de ejeção da chupeta C, o que corrobora os achados do estudo de Zimmerman e Barlow (2008) que verificaram a variação da rigidez da chupeta na dinâmica da sucção não nutritiva em bebês nascidos. O bico *Super Soothie*™ foi considerado 7 vezes mais rígido que as demais chupetas analisadas, resultando em uma diminuição na amplitude e no número de ciclos de sucção por minuto. Desta forma, havia uma tendência dos bebês cuspirem o bico do tipo *Super Soothie*™.



**Figura 13** – a) Deslocamento em Magnitude para a chupeta C (*Super Soothie*™), vista frontal; b) corte sagital.

Por fim, os resultados do presente estudo mostraram que apesar das chupetas avaliadas serem compostas pelo mesmo tipo de material (silicone), estas apresentaram diferenças estruturais e mecânicas importantes. Verifica-se a necessidade de se incluir informações mais detalhadas nas embalagens das chupetas disponíveis no mercado, assim como mais estudos que avaliem os diversos tipos de chupetas e suas respectivas geometrias quanto ao favorecimento de maloclusões, uma vez que a indicação de uma geometria mais adequada e com um comportamento biomecânico mais favorável poderia trazer menos impacto ao crescimento e desenvolvimento orofacial da criança.

Existem muitas controvérsias quanto ao uso da chupeta na literatura e na prática clínica, mas é importante considerar que seu uso é rotineiro e prevalente; sendo assim, faz-se importante a conscientização de profissionais de saúde, além de pais e cuidadores, de que o uso de chupeta aumenta o risco de maloclusão e desencorajando o uso prolongado.

### **Conclusão**

Os resultados obtidos pela análise de elementos finitos indicam que o comportamento biomecânico da chupeta C (*Super Soothie*<sup>TM</sup>) é mais favorável para uma distribuição mais uniforme das tensões no osso maxilar, apresentando leve e quase nula inclinação do eixo dos dentes anteriores. Entretanto, fatores como frequência e duração do hábito de sucção não nutritiva devem ser considerados.

## Referências

AAP, American Academy of Pediatrics. American Academy of Pediatrics announces new safe sleep recommendations to protect against SIDS, sleep-related infant deaths.

Disponível em: <https://www.aap.org/en-us/about-the-aap/aap-press-room/Pages/American-Academy-of-Pediatrics-Announces-New-Safe-Sleep-Recommendations-to-Protect-Against-SIDS.aspx> [acesso 2019 nov 21]

Adair SM, Milano M, Lorenzo I, Russell C. Effects of current and former pacifier use on the dentition of 24- to 59-month-old children. *Pediatric Dentistry*. 1995; 17(7):437-44

Aliprandini P, Ferreira F, Bertol L, Kindlein Júnior W. Comparison of design, materials selection and characterization of pacifiers produced in Brazil. *The Australasian Medical Journal*. 2011;4(2):76-80.

Cunha SRT, Corrêa MSNP, Oliveira PML, Schalka MMS. Hábitos bucais. In: Corrêa MSNP. *Odontopediatria na primeira infância*. 1ª ed. São Paulo: Santos; 1998. p.561-76

Enlow, DH; Bang, S. Growth and remodeling of the human maxilla. *Am J Orthod*, v. 51, n.6, p. 446 -64, Jun. 1965.

Graber TM. The “three M’s”: muscles, malformation, and malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 1963; 49, pp. 418–450.

Harding C. An evaluation of the benefits of nonnutritive sucking for premature infants as described in the literature. *Arch Dis Child* 2009; 94:636-40.

Hopkin GB. Neonatal and adult tongue dimensions. *Angle Orthod*. 1967 Apr;37(2):132-3.

Katz CRT, Souto-Jr JRS, Feitosa SVHS, Souza AS, Zisman M, Rosenblatt A. Harmful oral habits: a multidisciplinary approach. *Arq Odontol*. 2002; 38:35–42.

Levrini L, Merlo P, Paracchini L. Different geometric patterns of pacifiers compared on the basis of finite element analysis. *European Journal of Paediatric Dentistry*. 2007; Dec;8(4):173-8.

Lima AA, Alves CM, Ribeiro CC, Pereira AL, da Silva AA, Silva LF, Thomaz EB. Effects of conventional and orthodontic pacifiers on the dental occlusion of children aged 24-36 months old. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2017 Mar;27(2):108-119.

Lotti RS, Machado AW, Mazzeiro ET, Landre Junior J. Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. *Rev. Dent. Press Ortodon. Ortop. Facial* [online]. 2006, vol.11, n.2, pp.35-43. ISSN 1980-5500.

Melconian MV, Modelagem numérica e computacional com similitude e elementos finitos. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2014. 119 p.

Moimaz SA, Garbin AJ, Lima AM, Lolli LF, Saliba O, Garbin CA. Longitudinal study of habits leading to malocclusion development in childhood. *BMC Oral Health*. 2014; 14:96.

Monguilhott, LMT, Frazzon JS, Cherem VB. Hábitos de sucção: como e quando tratar na ótica da ortodontia x fonoaudiologia. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*. 2003; v. 8, n. 1, p. 95-104.

Montaldo L, Montaldo P, Cuccaro P, Caramico N, Minervini G. Effects of feeding on non-nutritive sucking habits and implications on occlusion in mixed dentition. *International Journal of Pediatric Dentistry*. 2011; v. 21, p. 68–73.

Moyers, RE. *Ortodontia*. 4a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 483p.

Paus T, Zijdenbos A, Worsley K, Collins DL, Blumenthal J, Giedd JN, et al. Structural maturation of neural pathways in children and adolescents: in vivo study. *Science*. 1999;283: 1908–11.

Potter NL, Short R. Maximal tongue strength in typically developing children and adolescents. *Dysphagia*. 2009 Dec;24(4):391-7.

Provatidis CG, Georgiopoulos B, Kotinas A, McDonald JP. Evaluation of craniofacial effects during rapid maxillary expansion through combined in vivo/in vitro and finite element studies. *European Journal of Orthodontics*. 2008; 30(5):437-48.

Schmid KM, Kugler R, Nalabothu P, Bosch C, Verna C. The effect of pacifier sucking on orofacial structures: a systematic literature review. *Prog Orthod*. 2018 Mar 13;19(1):8.

Serpe LCT, Las Casas EBD, Toyofuku ACMM, González Torres LA. A bilinear elastic constitutive model applied for midpalatal suture behavior during rapid maxillary expansion. *Res Biomed Eng*. 2015; vol. 31, 319-327.

Sexton S, Natale R. Risks and benefits of pacifiers. *Am Fam Physician*. 2009; 79:681–685.

Shaw AM, Sameshima GT, Vu HV. Mechanical stress generated by orthodontic forces on apical root cementum: a finite element model. *Orthod Craniofacial Res*, v. 7, p. 98- 107, 2004.

Silva JB, Giglio LD, Regalo SH, Mello-Filho FV, Trawitzki LVV. Effect of dentofacial deformity on maximum isometric tongue strength. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2013, v.40, n.4, p.247-251.

Tanne K, Hiraga J, Kakiuchi K, Yamagata Y, Sakuda M. Biochemical effect of anteriorly directed extraoral forces on the craniofacial complex: A study using the finite element method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1989;95:200-7.

Tehranchi A, Ameli N, Najirad Z, Mirhashemi FS. Comparison of the skeletal and dental changes of tooth-borne vs. boneborne expansion devices in surgically assisted rapid palatal expansion: A finite element study. *Dent Res J*. 2013;10:777-83.

Trivedi S. J Oral Biol Craniofac Res. Finite element analysis: A boon to dentistry. 2014 Sep-Dec;4(3):200-3.

Tuffnell CS, Petersen SA, Wailoo MP. Factors affecting rectal temperature in infancy. Archives of Disease in Childhood. 1995; 73: 443- 446.

Wagner, Y, Heinrich-Weltzien, R. Occlusal characteristics in 3-year-old children--results of a birth cohort study. BMC oral health. 2015 Aug 7;15:94.

Warren JJ, Slayton RL, Bishara SE, Levy SM, Yonezu T, Kanellis MJ. Effects of nonnutritive sucking habits on occlusal characteristics in the mixed dentition. Pediatric Dentistry. 2005; 27(6):445-50.

Zardetto CG, Rodrigues CR, Stefani FM. Effects of different pacifiers on the primary dentition and oral myofunctional structures of preschool children. Pediatric Dentistry. 2002; 24(6):552-60.

Zelic K, Vukicevic a, Jovicic G, Aleksandrovic S, Filipovic N, Djuric M. Mechanical weakening of devitalized teeth: three-dimensional Finite Element Analysis and prediction of tooth fracture. Int Endod J. 2014;1-14.

Zimmerman E, Barlow SM. Pacifier Stiffness Alters the Dynamics of the Suck Central Pattern Generator. J Neonatal Nurs. 2008;14(3):79-86.

## 2.2 ARTIGO 2

Title: **Effects of different disinfection methods on surface roughness of pacifiers**

Camila Nobre de Freitas<sup>1</sup>, Emerson Tavares<sup>1</sup>, Kelly Guedes de Oliveira Scudine<sup>1</sup>, Regina Maria Puppim Rontani<sup>1</sup>, Paula Midori Castelo Ferrua<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Pediatric Dentistry, Piracicaba Dental School, University of Campinas (UNICAMP), Piracicaba, Brazil

<sup>2</sup> Department of Pharmaceutical Sciences, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Diadema, Brazil

## ABSTRACT

**Objective.** The purpose of this study was to assess the effect of two methods of heat disinfection in surface roughness of different types of pacifiers. **Material and Methods.** Three types of pacifiers conventional (A), orthodontic (B) and *Super Soothie*<sup>™</sup> (C) were randomly assigned to 2 groups of 10 specimens each according to the disinfection protocol: Group 1- microwave disinfection (7 min) and Group 2: boiling water (5 min), performed once a day. The pacifiers were also submitted to an immersion in artificial saliva for 12 hours (at night) and stored in a dry environment in the subsequent hours to mimic routine use by a child. All specimens were examined using a scanning electron microscope and analyzed on the profilometer to measure the surface roughness at three times: baseline, after 15 and after 30 days of the different disinfection protocols. Data were analyzed using descriptive analysis and Three-way Mixed Model ANOVA. **Results.** At baseline, a difference in superficial roughness was found ( $p < 0.001$ ), being roughness of pacifier C significantly greater than A and B. A significant interaction effect *time\*pacifier* was observed, that is, an increase in superficial roughness was observed after disinfection but it was dependent on the type of pacifier, being greater for C at 15 and 30 days ( $p < 0.001$ ), while this change did not differ when considering the type of disinfection (microwave or boiled). Microscopic analysis showed the presence of more roughness, salience and pores on the surface after 15 and 30 days of disinfection procedures in all samples, but they were also more prominent for pacifier C. **Conclusions.** The results showed remarkable changes in the surface of silicone pacifiers after 15 and 30 days of heat disinfection procedures, being more important for pacifier C with no difference when considering the type of disinfection (microwave or boiled), which may help improve the recommendations given to the parents/caregivers to ensure an effective disinfection procedure with the least damage possible.

**Keywords:** Pacifier, Silicone Elastomers, Disinfection.

## Introduction

Although the prevalence of sucking habits varies across countries and cultures, they are very common in children. In Italy, a cross-sectional study was conducted involving 235 preschool children, finding a prevalence of 74% of non-nutritive sucking habits (Silvestrini-Biavati et al., 2016); in Brazil, a prevalence rate of approximately 50% was found in two previous studies (Goés et al., 2013; Moimaz et al., 2014). Their widespread use can be attributed to some positive effects reported by the parents, such as soothe the child and relieve pain during painful experiences (Li et al., 2006). Besides, pacifier use has been recommended by the American Academy of Pediatrics to prevent the risk of Sudden Infant Death Syndrome “at nap time and at bedtime” (AAP, 2016).

Despite those effects, pacifiers can be considered a vehicle of contamination and microbial transmission due to its permanent contact with saliva and oral microflora (Comina et al., 2006). Some authors have demonstrated that the use of pacifier can be associated with the occurrence of otitis media (Uhari et al., 1996), dental caries (Vázquez-Nava et al., 2008) and intestinal parasitic infections. Considering its high prevalence in several countries, disinfection methods to eliminate contamination by oral microorganisms in pacifiers are an important issue for dental and general health.

According to a recent study (Lopes et al., 2019), among the cleaning media tested in experimental studies we can find articles about the hygiene of foods and toothbrushes using chlorhexidine, sodium hypochlorite, neutral detergent, and water. Boiling in water is a common procedure frequently used at home and recommended by manufacturers and health professionals (Nelson-Filho et al., 2015). Recently, microwave use has become a routine procedure for the disinfection of dental devices and materials, such as prosthesis and pacifiers (Sanitá et al., 2009). However, disinfection procedures can result in changes on material surfaces of pacifiers, which may facilitate the microorganism’s colonization. The extent of alteration may vary depending on the type of pacifier and also according to the frequency and duration of the disinfection method.

While studies on the contamination of pacifiers can be found in the literature (Comina et al., 2006; Pedroso et al., 1997), the current knowledge regarding the morphological changes on pacifier surfaces due to disinfection methods is very scarce. To the best of our knowledge, no previous study has examined the effect of disinfection procedures in surface roughness over time. Thus, the objective of this study was to assess the effect of different methods of disinfection on surface roughness of different types of pacifiers.

## Material and methods

### *Specimen characteristics and disinfection procedures*

This is an *in vitro* analytical-type study. Sixty silicone pacifiers of three types of nipples were used: conventional (n. 41620 Kuka Baby +6m, São Paulo, Brazil), orthodontic (n. 41900 Kuka Baby +6m, São Paulo, Brazil) and *Super Soothie*<sup>TM</sup> +3m (421335424791; SCF190/02 Philips Avent, Stamford, USA), 20 units each (Anexo 1).

The pacifiers were divided into two groups according to the disinfection protocol performed once a day. In the first group, the conventional (A), orthodontic (B) and *Super Soothie*<sup>TM</sup> (C) type pacifiers (10 units each) were included in the disinfection process using a Philips Avent microwave steam sterilizer oven (Midea, São Paulo, Brazil - 1100 watts) adjusted to a potency level 7 (corresponding to 70% of full power) for 7 minutes (Nelson-Filho et al., 2011). In the second group, the same number of pacifiers was placed in boiling water for 5 minutes.

After the different disinfection protocols, pacifiers were cooled to room temperature for 30 minutes and, further, immersed in artificial saliva at 37°C (oven MA-033, Marconi, Piracicaba, SP, Brazil) for 12 hours, with the following composition: 2.2 g/L gastric mucin, 0.381 g/L sodium chloride, 0.231 g/L calcium chloride, 0.738 g/L potassium phosphate, 1,114 g/L potassium chloride, 0.02% sodium azide, and trace of sodium hydroxide to pH 7.0 (Wongkhantee et al., 2006). In the subsequent hours, pacifiers were stored in a dry environment to mimic routine use by a child. This procedure was repeated for 30 days.

In order to perform pre- and post-treatment analysis (baseline, after 15 and 30 days of disinfection procedures), standardized circular specimens with 5 mm in diameter of the pacifiers' nipple were obtained using a tap (Krause 10 - Santo André - SP – Brazil), one for profilometer analysis and the other for scanning electron microscopic (SEM) analysis. Then, each specimen was washed in distilled water and placed in an ultrasonic bath for 10 minutes.

### *Profilometer analysis*

All specimens were initially fixed in a glass plate to a flat and parallel surface, to facilitate the reading of the surface roughness. After specimens were analyzed by the profilometer (Dektak d-150; Veeco, Plainview, New York, NY, USA) to measure the surface roughness (Ra) at 3 sites (vertical, horizontal and oblique) randomly on the surface of each

sample. Three readings were performed on the profilometer measuring point: initially the specimen was positioned on surface center and then to the right and left of the first reading, amounting to a 10 mm extension of reading within 10 seconds. The parameter evaluated was the arithmetic mean of the surface roughness (Ra) determined from the three readings (Tupinambá ÍVM et al., 2018).

#### *Scanning electron microscopic (SEM) analysis*

The specimens were dried and mounted on a holder using double-sided adhesive carbon tape. Further, they were sputter-coated with gold (Balzers-SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein) and examined using a scanning electron microscope (JEOL JSM 5600 LV, Tokyo, Japan) operating at 500x magnifications. The morphological analysis was further described according to the images obtained by SEM.

#### *Statistical Analysis*

Data were statistically analyzed using SPSS 24.0 software (IBM Corp., NY, USA), considering an alpha level of 5%, by one of the authors (PMC). The exploratory statistics consisted of means and standard deviation, and normality was tested by using the Shapiro-Wilk test and Quantile-quantile-plot (QQ-plot) analysis. The variable “surface roughness” did not show normal distribution and were transformed by the logarithm (Log).

A general linear model – Three-way mixed model ANOVA - was used to test the within-subjects factor (time: surface roughness at baseline and after treatment) and two between-subjects factors (types of pacifier and disinfection protocol) and the interaction between these factors in the observed roughness variance. The results of the Mauchly sphericity test and Levene equality of variances were evaluated as ANOVA premises; when necessary, the Huynh-Feldt correction was applied. Bonferroni’s adjustment was applied for multiple comparisons.

## Results

Table 1 shows the experimental trial employed to examine the change in superficial roughness of three types of pacifier (A, B and C) submitted to 15 and 30 days of heat disinfection procedures (boiling water and microwave).

The analysis showed a difference in superficial roughness between pacifiers at baseline ( $p < 0.001$ ), being roughness of pacifier C significantly greater than A ( $p < 0.001$ ) and B ( $p < 0.001$ ) at the beginning of the experiment.

**Table 1. Evaluation of the interaction effect *time\*pacifier\*disinfection* on superficial roughness ( $\mu\text{m}$ ) of pacifiers: a Three-way Mixed Model**

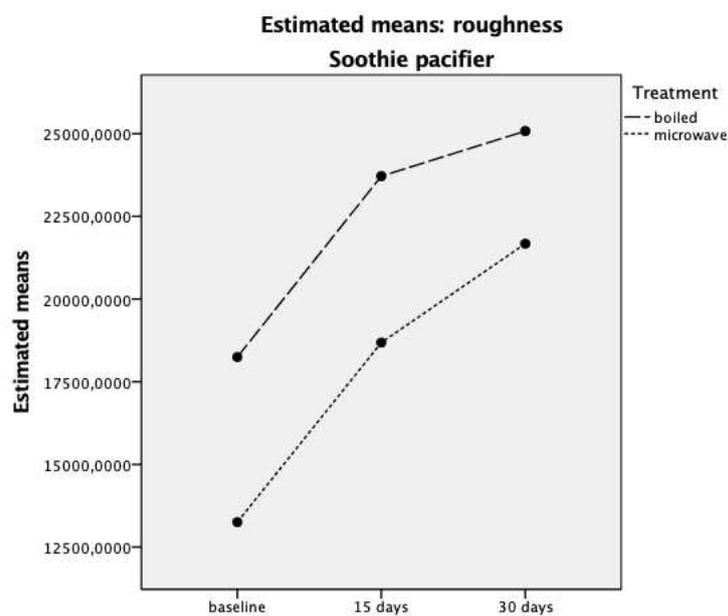
Pacifier	Disinfection	n	Superficial roughness at baseline	Superficial roughness after disinfection 15 days	Superficial roughness after disinfection 30 days	
			Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	
Conventional	boiling water	10	225.00 (44.16)	487.00 (130.09)	583.00 (101.00)	
	microwave	10	365.27 (116.23)	615.00 (193.11)	720.00 (174.40)	
Orthodontic	boiling water	10	245.37 (66.00)	456.00 (67.00)	586.25 (76.10)	
	microwave	10	413.02 (144.09)	563.02 (173.16)	625.42 (172.05)	
Super Soothie™	boiling water	10	18246.00 <sup>a</sup> (3044.00)	23717.14 <sup>b</sup> (5225.26)	25079.00 <sup>c</sup> (5523.00)	
	microwave	10	13256.2 <sup>a</sup> (5372.00)	18684.03 <sup>b</sup> (6244.33)	21675.08 <sup>c</sup> (5750.00)	
<i>Three-way Mixed Model</i>			<i>F</i>	<i>p-value</i>	<i>Partial eta squared</i>	<i>Power</i>
<i>Time effect</i>			47.486	<0.001	0.468	1.000
<i>Interaction effect time*pacifier</i>			37.263	<0.001	0.580	1.000
<i>Interaction effect time*disinfection</i>			0.502	0.501	0.009	0.110
<i>Interaction effect time*pacifier*disinfection</i>			0.602	0.569	0.022	0.151

SD, standard deviation

a≠b≠c in the same line ( $p < 0.001$ ; Bonferroni correction)

The Three-way ANOVA Mixed Model showed a significant interaction effect **time\*pacifier** (Table 1), which means that an increase in superficial roughness was observed after 15 and 30 days of disinfection procedures but it was dependent on the type of pacifier, being prominent for pacifier C (Figure 1) at 15 and 30 days ( $p < 0.001$ ); it is of note that the change in superficial roughness was greater in the first 15 days compared to the subsequent 15 days.

Besides, the roughness did not differ when considering the type of disinfection, microwave or boiled, as observed by the absence of a significant effect **time\*disinfection**.

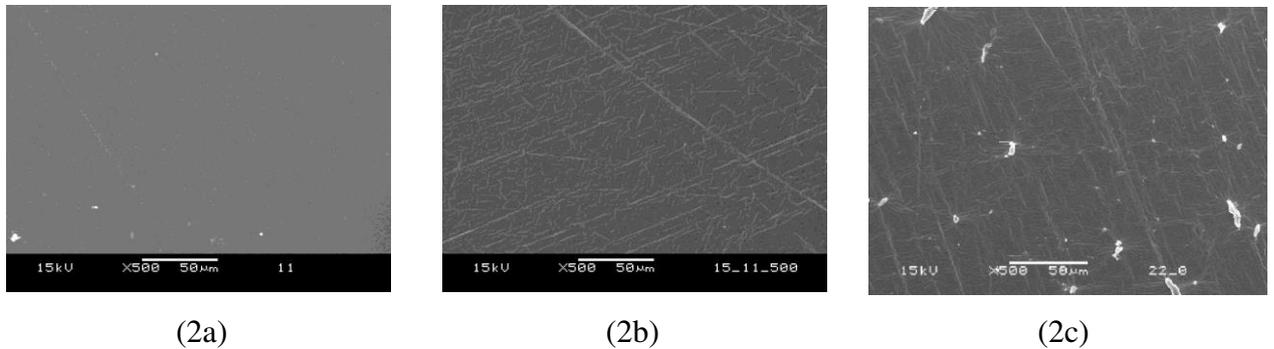


**Figure 1.** Effect of 15 and 30 days of heat disinfection on superficial roughness of Super Soothie™ pacifier.

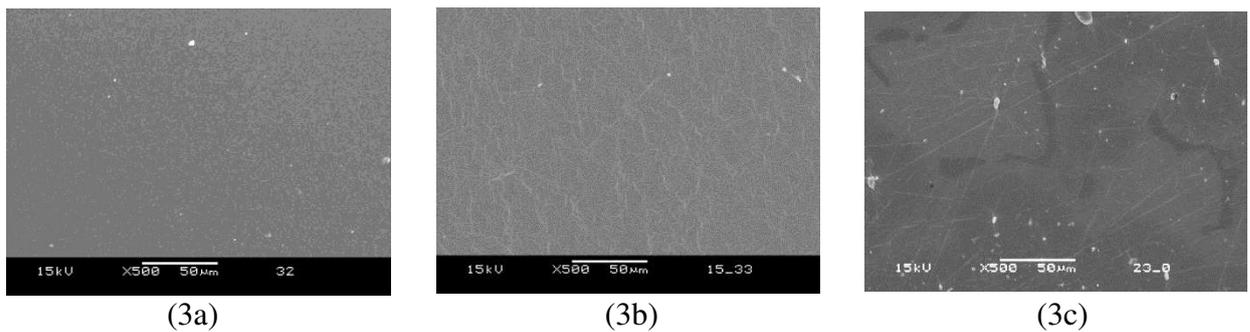
Morphological analysis of the SEM images of A and B pacifiers shows similar characteristics of the silicone surface at baseline: striae, pores and saliences on the surface of the material are very discrete (Figures 2a, 3a, respectively). It is of note the presence of roughness, salience and pores on the surface after 15 and 30 days of disinfection procedures (Figures 2b and 2c, 3b and 3c, respectively).

The images of pacifier C showed the highest initial surface roughness compared to the A and B ones (Figure 4a). The presence of roughness, saliences and pores on the surface

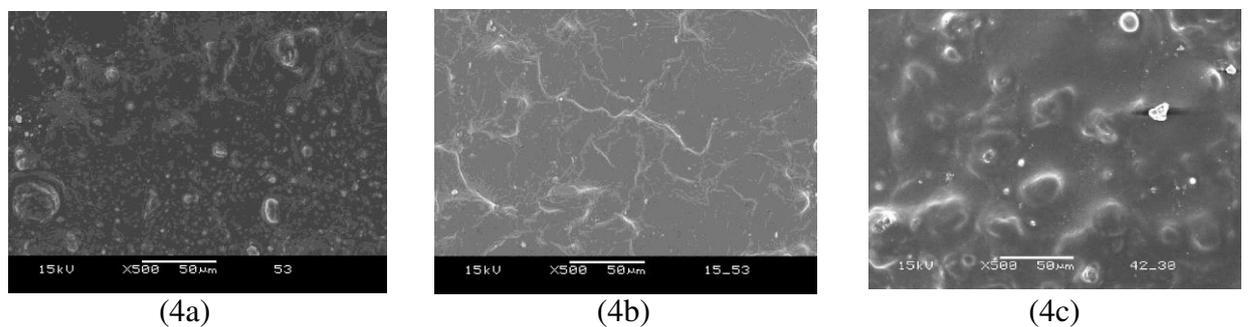
are even more pronounced after 15 and 30 days of disinfection procedures, with a remarkable irregular distribution of striae (Figure 4b) and saliences and pores (Figure 4c).



**Figure 2.** Representative scanning electron microscopy (SEM) images of pacifier A, regarding the initial (2a), 15 days (2b) and 30 days (2c) after the disinfection procedures (original magnifications: 500x).



**Figure 3.** Representative scanning electron microscopy (SEM) images of pacifier B, regarding the initial (3a), 15 days (3b) and 30 days (3c) after the disinfection procedures (original magnifications: 500x).



**Figure 4.** Representative scanning electron microscopy (SEM) images of pacifier C, regarding the initial (4a), 15 days (4b) and 30 days (4c) after the disinfection procedures (original magnifications: 500x).

## Discussion

The present study showed the heat damaging effect on silicone surface of pacifiers after 15 and 30 days of disinfection procedures, which were more prominent for pacifier C as evidenced by the higher number of pores, striae and roughness on its surface than that observed in the A and B ones. Silicone rubbers are known to be a mixture of organic and inorganic compounds produced by polycondensation of silanol groups, showing heat resistance when compared to other materials (Castilho et al, 2009; Rochow et al., 1987). However, the present results suggest that disinfection procedures using boiling water or microwave performed daily increase the surface roughness, predisposing the material to microorganism's colonization, especially when considering the silicone pacifier C.

The microscopic analysis showed porosity, roughness and bubbles in the surface of all pacifiers after 15 days of heat disinfection procedures, which also increased after 30 days; Silva et al. (2008) also noticed some bubbles on silicone pacifiers after one single heat disinfection process. Besides, the change in superficial roughness was not different according to the type of heat disinfection - microwave or boiling water.

By observing the microscopic images of pacifier C, and considering the results of profilometer analysis, one may conclude that pacifier C has a rougher surface silicone than the A and B ones. This type of pacifier is very popular in the Neonatal Intensive Care Unit in USA (Zimmerman and Barlow, 2008), probably because it is made with softer silicone, which may have an influence on sucking behavior and preference for some type of pacifier. Suction is an innate function of the human being and sucking on a pacifier or feeding nipple is one of the first oromotor tasks an infant perform soon after birth (Zimmerman and Barlow, 2008). The act of sucking on a pacifier produces a rich stream of sensory cues from cutaneous and deep afferents, especially the lip vermilion and the tip of the tongue, which are areas with high densities of mechanoreceptive afferents (Trulsson and Essick, 2004), and the physical characteristics of the nipple such as size, shape, roughness and stiffness are an important source of afferent sensory information (Zimmerman and Barlow, 2008; Oder et al., 2013).

A review of the literature on the surface roughness of oral hard materials (Bollen et al., 1997) established that a surface roughness greater than 0.2  $\mu\text{m}$  resulted in an increase in plaque accumulation and in the risk of bacterial contamination, thus increasing the risk for caries and periodontal inflammation. The influence of surface roughness on microorganism's colonization might be explained by the fact that bacterial adhesion preferably occurs on surface irregularities, which may predispose the child to oral and systemic diseases. Pacifiers become contaminated by *Streptococcus mutans* immediately after their use and, thus, they should be

routinely disinfected (Nelson-Filho et al., 2015); besides, it was observed that *Candida albicans* is able to grow and adhere on the silicone surface of the pacifiers even in the absence of nutrient culture medium (Lopes et al., 2019). Comina et al. (2006) also assessed the microbial contamination on the surface of 25 pacifiers provided by daycare centers and observed the presence of biofilm on 80% of the samples.

A previous study showed that the use of 0.12% chlorhexidine solution spray and 7 minutes of microwave irradiation were almost equally effective for disinfection of pacifiers, reducing the number of *Streptococcus mutans* colonies (Chamele et al., 2012). Lopes et al. (2019) showed that the 3 protocols of decontaminating (3.5% neutral detergent, 2.5% sodium hypochlorite, and 15 minutes of boiling water) had the same effectiveness to control *C. albicans* in the surface of pacifiers; in addition, they observed that vigorously cleaning with water was not sufficient to eliminate the contamination.

Those previous results together with the present findings may help health professionals and parents to choose the most convenient and effective disinfection procedure. To date, there is no established consensus on the best pacifier disinfection protocol; according to the Canadian Paediatric Society (2003), the pacifier should be submitted to boiling water for 5 min before the first use, and, then, kept clean by washing it with hot, soapy water after each use. Another study (Lopes et al., 2019) suggested that pacifiers should be disinfected in 15 min of boiling water weekly and Bachelli et al. (2014) pointed out that sodium hypochlorite forms trihalomethanes, which may constitute a disadvantage of its use.

Another important point to note is that parents or caregivers should always check that the pacifiers are in good condition, being discarded if there are visible cracks, tears, swelling or if they have a grainy or sticky texture (Nelson et al., 2012), preferably every two months, before damage occurs (Canadian Paediatric Society, 2003). These recommendations are consistent with the changes observed in the structural properties after 15 days of heat disinfection performed daily.

As commented above, this information is of importance to improve the recommendations given to the parents. There are many controversies in pacifier use in the literature, but it is still important to ensure an effective disinfection procedure with the least damage possible, also being applied to the nipples of the bottle. Besides, the development of pacifiers that remain smooth with a uniform surface even after multiple disinfection procedures is desirable to reduce the possible bacterial colonization. Thus, future studies are needed to examine the association between microbial contamination and surface roughness of nipples of pacifiers and bottles after repeated disinfection procedures.

**Conclusion**

The results evidenced the heat-damaging effect on silicone surface of pacifiers after 15 and 30 days of disinfection procedures, which was much more evident for pacifier C as observed by the higher number of pores, striaes and roughness on its surface than that observed in A and B ones. This detrimental effect on the material structure should be further investigated on its potential to predispose to microbial contamination.

**Acknowledgements**

This study received support from the State of São Paulo Research Foundation (FAPESP, SP, Brazil, n. 2016/13867-0).

## References

AAP, American Academy of Pediatrics. American Academy of Pediatrics announces new safe sleep recommendations to protect against SIDS, sleep-related infant deaths. October 24<sup>th</sup>, 2016. Available at: <https://www.aap.org/en-us/about-the-aap/aap-press-room/Pages/American-Academy-of-Pediatrics-Announces-New-Safe-Sleep-Recommendations-to-Protect-Against-SIDS.aspx> [acesso 2019 nov 21]

Bachelli ML, Amaral DR, Benedetti BC. Alternative sanitization methods for minimally processed lettuce in comparison to sodium hypochlorite. *Braz J Microbiol.* 2014; 44:673-678.

Bollen CML, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. *Dental Materials.* 1997; 13(4), 258–269.

Canadian Paediatric Society. Pacifiers (soothers): A user's guide for parents. *Paediatr Child Health.* 2003 Oct; 8(8):520-30.

Castilho SD, Rocha MA. Pacifier habit: history and multidisciplinary view. *Jornal de Pediatria.* 2009; 85(6):480-9.

Chamele J, Bhat C, Saraf T, Jadhav A, Beg A, Jagtap C, Ubeja R, Patil P. Efficacy of microwaves and chlorhexidine for disinfection of pacifiers and toothbrushes: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2012 Sep 1; 13(5):690-4.

Comina E, Marion K, Renaud FN, Dore J, Bergeron E, Freney J. Pacifiers: A microbial reservoir. *Nurs Health Sci* 2006; 8:216-23.

Góes MPS, Araújo CMT, Tavares CM, Góes PSA, Jamelli SR. Persistência de hábitos de sucção não nutritiva: prevalência e fatores associados. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil.* 2013; 13(3), 247-257.

Li D, Willinger M, Petitti DB, Odouli R, Liu L, Hoffman HJ. Use of a dummy (pacifier) during sleep and risk of sudden infant death syndrome (SIDS): population based case-control study. *BMJ* 2006; 332(7532):18–22.

Lopes DF, Fernandes RT, Medeiros YL, Apolonio ACM. Disinfection of Pacifier Focusing on *Candida albicans* *Clin Pediatr (Phila)*. 2019 Dec; 58(14):1540-1543.

Moimaz SA, Garbin AJ, Lima AM, Lolli LF, Saliba O, Garbin CA. Longitudinal study of habits leading to malocclusion development in childhood. *BMC Oral Health*. 2014; 14:96.

Nelson AM. A comprehensive review of evidence and current recommendations related to pacifier usage. *J Pediatr Nurs*. 2012 Dec; 27(6):690-9.

Nelson-Filho P, da Silva LA, Da Silva RA, da Silva LL, Ferreira PD, Ito IY. Efficacy of microwaves and chlorhexidine on the disinfection of pacifiers and toothbrushes: an in vitro study. *Pediatr Dent*. 2011 Jan-Feb; 33(1):10-3.

Nelson-Filho P, Louvain MC, Macari S, Lucisano MP, Silva RA, Queiroz AM, Gatón-Hernández P, Silva LA. Microbial contamination and disinfection methods of pacifiers. *J Appl Oral Sci*. 2015 Oct; 23(5):523-8.

Oder AL, Stalling DL, Barlow SM. Short-Term Effects of Pacifier Texture on NNS in Neurotypical Infants. *Int J Pediatr*. 2013; 2013:168459.

Pedroso RS, Siqueira RV. A study on protozoan cysts, helminth eggs and larvae in pacifiers. *J Pediatr (Rio J)*. 1997 Jan-Feb; 73(1):21-5.

Rochow EG, *Silicon and silicones*, Springer-Verlag. 1987.

Sanitá PV, Vergani CE, Giampaolo ET, Pavarina AC, Machado AL. Growth of *Candida* species on complete dentures: effect of microwave disinfection. *Mycoses*. 2009 Mar; 52(2):154-60.

Silva RC, Spolidorio DMP, Zuanon ACC, Godoi RHM. Pacifier disinfection procedure: superficial morphological aspects and microorganisms' colonization. *RSBO* 2008; 5(1):30-33.

Silvestrini-Biavati A, Salamone S, Silvestrini-Biavati F, Agostino P, Ugolini A. Anterior open-bite and sucking habits in Italian preschool children. *European Journal of Paediatric Dentistry*. 2016; 17(1):43-6.

Trulsson M, Essick GK. Mechanosensation. In: Miles T, Nauntofte B, Svensson P, editors. *Clinical oral physiology*. Copenhagen: Quintessence; 2004. pp. 165–97.

Tupinambá ÍVM, Giampá PCC, Rocha IAR, Lima EMCX. Effect of different polishing methods on surface roughness of provisional prosthetic materials. *J Indian Prosthodont Soc*. 2018 Apr-Jun; 18(2):96-101.

Uhari M, Mäntysaari K, Niemelä M. A meta-analytic review of the risk factors for acute otitis media. *Clin Infect Dis*. 1996; 22(6):1079-1083.

Vázquez-Nava F, Vázquez RE, Saldivar GA, Beltrán GF, Almeida AV, Vázquez RC. Allergic rhinitis, feeding and oral habits, tooth-brushing, and socioeconomic status: Effects on development of dental caries in primary dentition. *Caries Res* 2008; 42:141-7.

Wongkhantee S, Patanapiradej V, Maneenut C, Tantbirojn D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. *J Dent*. 2006 Mar; 34(3):214-20. Epub 2005 Aug 8.

Zimmerman E, Barlow SM. Pacifier Stiffness Alters the Dynamics of the Suck Central Pattern Generator. *J Neonatal Nurs*. 2008; 14(3):79-86.

### 3 DISCUSSÃO

Pesquisadores e associações que recomendam o uso de chupetas em crianças de pouca idade citam os seus efeitos benéficos como o de acalmar a criança, reduzir o choro, melhorar o sono, ter efeitos analgésico, suprir parcialmente a necessidade de sucção e reduzir o risco de morte súbita em crianças nos seis primeiros meses de vida (Horne et al., 2014; Jyoti e Pavanalakshmi, 2014; AAP, 2016). Ainda, há controvérsias na literatura quanto à relação entre o uso de chupeta e a duração ou exclusividade da amamentação (Lindau et al., 2015).

As chupetas estão em contato com a saliva e a microflora oral e podem ser um local de contaminação, crescimento e transmissão de microrganismos em crianças (Comina et al., 2006). Além disso, este hábito é um dos principais fatores de risco para a má oclusão em dentes decíduos e suas consequências nocivas foram relatadas em vários estudos, como a mordida aberta anterior e a mordida cruzada posterior (Lima et al., 2017; de Sousa, 2014). Existem muitos tipos de chupeta disponíveis comercialmente sem, no entanto, termos conhecimento mais aprofundado sobre suas propriedades mecânicas e os efeitos deletérios potenciais sobre as estruturas orais, bem como as possíveis alterações morfológicas sofridas após métodos de desinfecção. Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a distribuição das tensões mecânicas de três diferentes geometrias de chupetas sobre o palato e o efeito de métodos de desinfecção por calor na rugosidade e na morfologia microscópica superficial.

De acordo com os resultados encontrados no primeiro artigo, verificou-se que houve uma diferença na distribuição das tensões no palato de acordo com a geometria do bico da chupeta. A chupeta do tipo *Super Soothie*<sup>TM</sup> apresentou uma maior superfície de contato entre a chupeta e a língua, se comparada com a convencional e ortodôntica. Após a língua estabelecer o contato com esta chupeta, houve grande absorção e distribuição das tensões, sendo desta forma pouco dissipada ao osso palatino. As tensões ocasionadas por esse tipo de chupeta ocorrem de maneira mais uniforme e atenuada, iniciando na área de contato, dissipando para as regiões da sutura palatina mediana, espinha nasal e distribuindo-se para as regiões de pilares de sustentação do crânio. Verifica-se a tendência do deslocamento em magnitude do osso maxilar para frente, bem como de sofrer uma expansão lateral pela indução de tensão sobre a sutura palatina mediana. Desta forma, resulta em uma distribuição de tensão mais favorável, com leve e quase nula inclinação do eixo dos dentes anteriores. Tal distribuição de tensões respeita os princípios de crescimento do palato, que é do tipo aposicional subperiosteal no sentido vertical e lateral (para frente e para baixo), respeitando o princípio em “V” presente no arco maxilar (Enlow e Bang, 1965; Moyers, 1991).

Em relação à chupeta convencional observou-se a concentração das tensões na região anterior e lateral do palato, onde foi estabelecido o contato, representado por pontos de concentração mais expressivos e que se propagam para a região central do palato de forma tênue, apresentando pouca influência sobre a sutura palatina. As tensões provocadas pelas regiões posteriores do crânio que estão engastados acabam dissipando para a região da fossa nasal e abertura piriforme, promovendo um deslocamento em magnitude maxilar para cima, favorecendo a deformação e a formação de uma maxila atrésica. Os resultados do presente estudo corroboram com o estudo de Lima et al. (2017) que verificaram uma tendência de o uso de chupeta convencional ser associada à mordida aberta anterior e sobressalência mais acentuada.

Com relação à geometria do bico ortodôntico, este obteve uma maior área de contato com a superfície do palato e, assim como o bico convencional, tendem a um movimento de sucção intraoral similar. Tal comportamento gera um acúmulo de tensões na região anterior dos incisivos centrais, no sentido de resultar em mordida aberta anterior. Um acúmulo maior de tensões foi verificado neste tipo de bico e enquanto a chupeta convencional e a *Super Soothie*<sup>TM</sup> produziam pontos de tensão na região anterior, no bico ortodôntico houve um carregamento de tensão mais intenso, desde o ponto de contato lateralmente na região anterior distribuindo-se para a região da sutura palatina mediana e pilares de sustentação. Os resultados encontrados corroboram o estudo de Levrini et al. (2007), que verificaram que quanto maior a extensão do contato da chupeta com a superfície palatina, maior seria o estresse distribuído.

Os achados do segundo artigo mostraram que a rugosidade superficial da chupeta de silicone aumenta significativamente após 15 e 30 dias de procedimentos de desinfecção por calor, mas sem diferenças entre os tipos de desinfecção por fervura e micro-ondas. Além disso, a alteração observada foi mais importante e evidente para a chupeta *Super Soothie*<sup>TM</sup>, sendo que a rugosidade superficial desta chupeta já se apresentava significativamente maior ao início do experimento (*baseline*) em relação às demais.

As imagens de microscopia eletrônica de varredura dos espécimes da chupeta *Super Soothie*<sup>TM</sup>, bem como valores encontrados de rugosidade superficial mostraram que após os procedimentos de desinfecção, todas as amostras da chupeta *Super Soothie*<sup>TM</sup> apresentaram mais porosidade, bolhas, falhas e rugosidade em sua superfície quando comparadas às amostras convencionais e ortodônticas; isto é preocupante, uma vez que a chupeta está em íntimo contato com o meio bucal e adesão de microrganismos preferencialmente ocorre nas irregularidades das superfícies podendo aumentar o risco ao desenvolvimento de doenças em crianças.

De um modo geral, a borracha de silicone endurece quando aquecida em altas temperaturas, com o alongamento decrescente à medida que se deteriora. Temperaturas acima de 150°C causam a quebra do polímero de siloxano e um declínio nas propriedades da borracha. Estudos ainda demonstram que a dureza das amostras de silicone aumenta durante o envelhecimento, indicando a ocorrência de processos de entrecruzamento entre as cadeias concomitantemente com os mecanismos de quebra. Desta forma, há uma tendência de diminuição do teor de carbono e aumento do teor de oxigênio com a degradação da amostra (Chen et al., 2015).

No presente estudo, verificou-se uma alteração na rugosidade superficial das chupetas após 15 e 30 dias de processos de esterilização, sendo a chupeta *Super Soothie*<sup>TM</sup> a que apresentou os maiores valores. Desta forma, infere-se que alterações nas propriedades mecânicas do silicone causadas por múltiplos ciclos térmicos somado com um comportamento biomecânico desfavorável, poderia acentuar a maloclusão. Ainda, um aumento contínuo da rugosidade e o aparecimento de pequenas fissuras poderiam aumentar a umidade do material e facilitar a contaminação (Ghosh e Khastgir, 2018).

Portanto, o descarte da chupeta deve ser encorajado sempre que forem verificadas alterações superficiais como a presença rachaduras visíveis e superfície rugosa (Nelson et al., 2012). Como as principais diferenças entre as chupetas são estruturais e mecânicas, é importante avaliar estas diferenças em chupetas disponíveis no mercado para melhorar as recomendações dadas aos pais e cuidadores. Existem muitas controvérsias quanto uso da chupeta na literatura, mas ainda é importante garantir que seu uso ocorra com o menor risco e dano biológicos possíveis. Neste sentido, é desejável o desenvolvimento de chupetas cujas superfícies permaneçam íntegras e uniformes mesmo após vários procedimentos de desinfecção, para reduzir uma possível colonização bacteriana.

#### 4 CONCLUSÃO

Ao se comparar a distribuição de tensões mecânicas sobre o palato e incisivos por diferentes tipos de chupetas por meio de análise por elemento finito, verificou-se diferentes comportamentos na distribuição das tensões para cada geometria de bico de chupeta testada, sendo que a chupeta *Super Soothie*<sup>TM</sup> apresentou um comportamento biomecânico mais favorável sobre o crescimento e desenvolvimento maxilar.

Ainda, os três tipos de chupetas de silicone avaliados apresentaram um aumento na rugosidade superficial e a formação de poros, bolhas e saliências no silicone do bico após 15 e 30 dias de procedimentos repetidos de desinfecção por calor, os quais foram mais pronunciados para a chupeta do tipo *Super Soothie*<sup>TM</sup>, sem diferença quanto ao tipo de desinfecção (fervura ou microondas).

#### 4 REFERÊNCIAS\*

AAP, American Academy of Pediatrics. American Academy of Pediatrics announces new safe sleep recommendations to protect against SIDS, sleep-related infant deaths. Disponível em: <https://www.aap.org/en-us/about-the-aap/aap-press-room/Pages/American-Academy-of-Pediatrics-Announces-New-Safe-Sleep-Recommendations-to-Protect-Against-SIDS.aspx> [acesso 2019 nov 21]

Adair SM. Pacifier use in children: a review of recent literature. *Pediatric Dentistry*. 2003; 25:449-58.

Aliprandini P, Ferreira F, Bertol L, Kindlein Júnior W. Comparison of design, materials selection and characterization of pacifiers produced in Brazil. *The Australasian Medical Journal*. 2011;4(2):76-80.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT- NBR. Chupetas. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/chupetas.asp>.1996. [acesso 2019 out 12]

Castilho SD, Rocha MA. Pacifier habit: history and multidisciplinary view. *Jornal de Pediatria*. 2009;85(6):480-9.doi:10.2223/JPED.1951.

Cattaneo PM, Dalstra M, Melsen B. The transfer of occlusal forces through the maxillary molars: A finite element study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2003; 123: 367-373.

Chen C, Jia Z, Wang X, Lu H, Guan Z. Micro Characterization and Degradation Mechanism of Liquid Silicone Rubber Used for External Insulation. *IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation*. 2015; v. 22, n.1, p. 313-321.

Comina E, Marion K, Renaud FN, Dore J, Bergeron E, Freney J. Pacifiers: A microbial reservoir. *Nurs Health Sci*. 2006; 8:216-23.

Correa C de C, Bueno M da R, Lauris JR, Berretin-Felix G. Interference of conventional and orthodontic nipples in system stomatognathic: systematic review. *Codas*. 2016; 28(2):182–189.

Cunha SRT, Corrêa MSNP, Oliveira PML, Schalka MMS. Hábitos bucais. In: Corrêa MSNP. *Odontopediatria na primeira infância*. 1ª ed. São Paulo: Santos; 1998. p.561-76

de Sousa RV, Ribeiro GL, Firmino RT, Martins CC, Granville-Garcia AF, Paiva SM. Prevalence and associated factors for the development of anterior open bite and posterior crossbite in the primary dentition. *Braz Dent J*. 2014; 25(4):336-42.

Enlow DH, Bang S. Growth and remodeling of the human maxilla. *Am J Orthod*, v. 51, n.6, p. 446 -64, Jun. 1965.

Gautam P, Valiathan A, Adhikari R. Craniofacial displacement in response to varying headgear forces evaluated biomechanically with finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009; Apr;135(4):507-15.  
doi:10.1016/j.ajodo.2007.02.059.

Ghosh D, Khastgir D. Degradation and Stability of Polymeric High-Voltage Insulators and Prediction of Their Service Life through Environmental and Accelerated Aging Processes. *ACS Omega* 3. 2018; 11317–11330.

Góes MPS, Araújo CMT, Tavares CM, Góes PSA, Jamelli SR. Persistência de hábitos de sucção não nutritiva: prevalência e fatores associados. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, 2013; 13(3), 247-257.

Hauck FR. Pacifiers and sudden infant death syndrome: what should we recommend? *Pediatrics*. 2006 May;117(5):1811-2.

Horne RS, Hauck FR, Moon RY, L'Hoir MP, Blair PS. Physiology and Epidemiology Working Groups of the International Society for the Study and Prevention of Perinatal and Infant Death. Dummy (pacifier) use and sudden infant death syndrome: potential advantages and disadvantages. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 2014; 50: 170–4.

Iseri H, Tekkaya A, Oztan O, Bilgic S. Biomechanical effect of rapid maxillary expansion on the craniofacial skeleton, studied by the finite element method. *European Journal of Orthodontics*. 1998; 20:347-56.

Jafari A, Shetty KS, Kumar M. Study of stress distribution and displacement of various craniofacial structures following application of transverse orthopedic forces--a three-dimensional FEM study. *The Angle Orthodontic*. 2003; 73:12-20.

Jyoti S, Pavanalakshmi GP. Nutritive and Non-Nutritive Sucking Habits – Effect on the Developing Oro-Facial Complex. *A Review Dentistry*. *Dentistry*. 2014; 4: 203.

Katri KN, Raija L, Vuokko L, Keski-nisula L, Varrela J. Occurrence of malocclusion and need of orthodontic treatment in early mixed dentition. *American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics*. 2003; 124: 631-638.

Korioth TW, Versluis A. Modeling the mechanical behavior of the jaws and their related structures by finite element (FE) analysis. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*. 1997; 8:90- 104.

Levrini L, Merlo P, Paracchini L. Different geometric patterns of pacifiers compared on the basis of finite element analysis. *European Journal of Paediatric Dentistry*. 2007; Dec;8(4):173-8.

Li D, Willinger M, Petitti DB, Odouli R, Liu L, Hoffman HJ. Use of a dummy (pacifier) during sleep and risk of sudden infant death syndrome (SIDS): population based case-control study. *BMJ* 2006;332(7532):18–22.

Lima AA, Alves CM, Ribeiro CC, Pereira AL, da Silva AA, Silva LF, Thomaz EB. Effects of conventional and orthodontic pacifiers on the dental occlusion of children aged 24-36 months old. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2017 Mar; 27(2):108-119.

Lindau JF, Mastroeni S, Gaddini A, Di Lallo D, Fiori Nastro P, Patanè M, Girardi P, Fortes C. Determinants of exclusive breastfeeding cessation: identifying an "at risk population" for special support. *Eur J Pediatr*. 2015 Apr;174(4):533-40.

Mitchell EA, Milerad J. Smoking and the sudden infant death syndrome. *Rev Environ Health*. 2006 Apr-Jun; 21(2):81-103.

Moyers, RE. *Ortodontia*. 4a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 483p.

Nelson AM. A comprehensive review of evidence and current recommendations related to pacifier usage. *J Pediatr Nurs*. 2012 Dec; 27(6):690-9.

Nelson-Filho P, Louvain MC, Macari S, Lucisano MP, Silva RA, Queiroz AM, Gatón-Hernández P, Silva LA. Microbial contamination and disinfection methods of pacifiers. *J Appl Oral Sci*. 2015 Oct;23(5):523-8.

Pedroso RS, Siqueira RV. A study on protozoan cysts, helminth eggs and larvae in pacifiers. *J Pediatr (Rio J)*. 1997 Jan-Feb; 73(1):21-5.

Poyak J. Effects of pacifiers on early oral development. *Int J Orthod Milwaukee* 2006; 17:136.

Sanitá PV, Vergani CE, Giampaolo ET, Pavarina AC, Machado AL. Growth of *Candida* species on complete dentures: effect of microwave disinfection. *Mycoses*. 2009 Mar; 52(2):154-60.

Silva JB, Giglio LD, Regalo SH, Mello-Filho FV, Trawitzki LVV. Effect of dentofacial deformity on maximum isometric tongue strength. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2013; v.40,n.4, p.247-251.

Silva M, Manton D. Oral Habits-Part 1: The Dental Effects and Management of Nutritive and Nonnutritive Sucking. 2014; pp. 133–140.

Silva SREP, Andrade AMPRCB, Giunco A, Gonçalves CO, Pascutti EP, Carvalho MS et al. Análise quantitativa de microrganismos encontrados em chupetas. *ConScientiae Saúde*. 2009; 8(1):57-64.

Silvestrini-Biavati A, Salamone S, Silvestrini-Biavati F, Agostino P, Ugolini A. Anterior open-bite and sucking habits in Italian preschool children. *Eur J Paediatr Dent*. 2016 Mar; 17(1):43-6.

Tonkin SL, Lui D, McIntosh CG, Rowley S, Knight DB, Gunn AJ. Effect of pacifier use on mandibular position in preterm infants. *Acta Paediatr*. 2007 Oct; 96(10):1433-6. Epub 2007 Aug 20.

Turgeon-O'Brien H, Lachapelle D, Gagnon PF, Larocque I, Maheu-Robert LF. Nutritive and nonnutritive sucking habits: a review. *ASDC J Dent Child* 1996; 63(5):321-7.

Uhari M, Mäntysaari K, Niemelä M. A meta-analytic review of the risk factors for acute otitis media. *Clin Infect Dis*. 1996; 22(6):1079-1083.

Vázquez-Nava F, Vázquez RE, Saldivar GA, Beltrán GF, Almeida AV, Vázquez RC. Allergic rhinitis, feeding and oral habits, tooth-brushing, and socioeconomic status: Effects on development of dental caries in primary dentition. *Caries Res* 2008;42:141-7.

Wagner Y, Heinrich-Weltzien, R. Occlusal characteristics in 3-year-old children—results of a birth cohort study. *BMC Oral Health*. 2015; 15(1), 94.

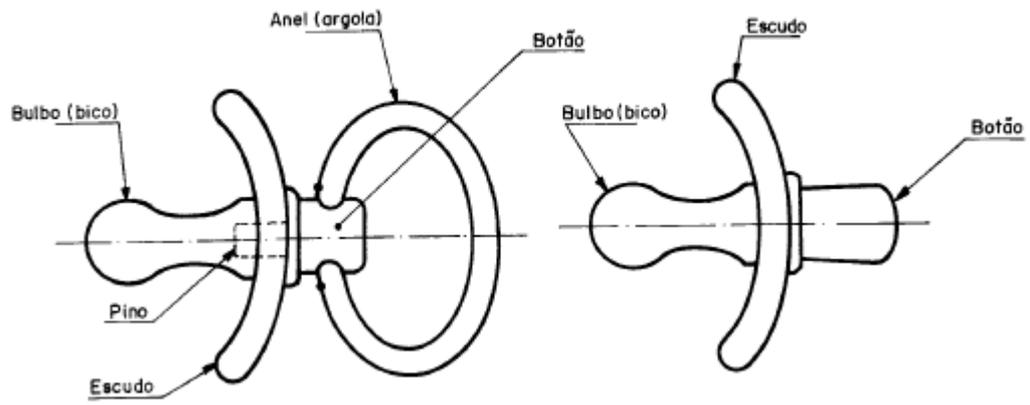
Warren JJ, Slayton RL, Bishara SE, Levy SM, Yonezu T, Kanellis MJ. Effects of nonnutritive sucking habits on occlusal characteristics in the mixed dentition. *Pediatric Dentistry*. 2005; 27(6):445-50.

Yamamoto T, Yasuhara A. Quantities of bisphenol A leached from plastic waste samples. *Chemosphere*. 1999;38(11):2569–76.

---

\*De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors- Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

## APÊNDICE 1 - Partes componentes da chupeta



Fonte: ABNT, 2000

**APÊNDICE 2 – Tipos de chupetas presentes na amostra.**



a) Chupeta Super Soothie™.



b) Chupeta ortodôntica.

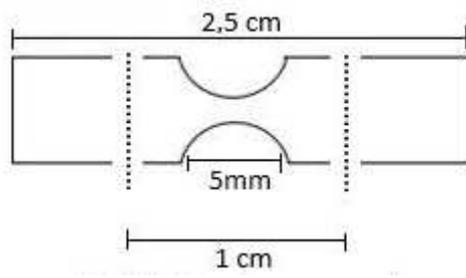


c) Chupeta convencional.

**APÊNDICE 3** - *Escaner EXAscan - Handyscan 3D Creaform.*



**APÊNDICE 4** – *Figura esquemática do corpo de prova utilizado para ensaios de resistência à tração e alongamento.*



**APÊNDICE 5** – *Espécime sendo submetido ao teste de tração.*

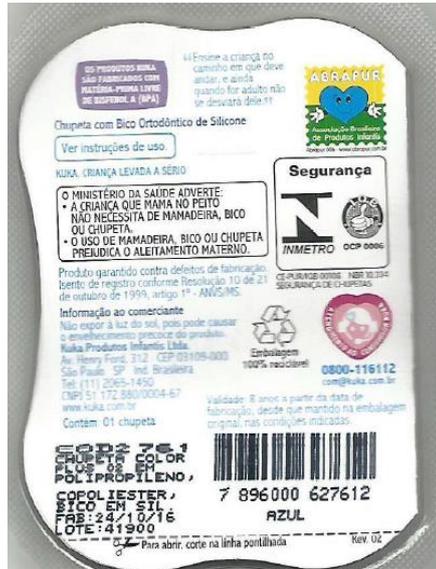


**APÊNDICE 6 - IOPI**

***a)** Iowa Oral Performance Instrument (IOPI system); **b)** Determinação da força de língua em uma criança de 3 anos de idade.*

## ANEXOS

**Anexo 1 – Embalagens com as descrições e informações para cada tipo de chupeta utilizada na amostra.**



**a) Frente e verso da embalagem da chupeta ortodôntica (marca Kuka).**



**b) Frente e verso da embalagem da chupeta convencional (marca Kuka).**



c) Frente e verso da embalagem da chupeta Super Soothie™ (Philips Avent).

**Anexo 2 – Relatório de verificação de originalidade e prevenção de plágio.**

**AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E DA  
DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES MECÂNICAS SOBRE O  
PALATO DE DIFERENTES TIPOS DE CHUPETAS**

ORIGINALITY REPORT

<b>8%</b>	<b>9%</b>	<b>7%</b>	<b>6%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>repositorio.unicamp.br</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ufjf.br</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>pediatrics.aappublications.org</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.jpmed.com.br</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>progressinorthodontics.springeropen.com</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.metodista.br</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>journals.sagepub.com</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Emma Gerhardsson, Andreas Rosenblad, Elisabet Mattsson, Eva-Lotta Funkquist.</b>	<b>1%</b>

"Mothers' Adaptation to a Late Preterm Infant When Breastfeeding", The Journal of Perinatal & Neonatal Nursing, 2020

Publication



repositorio.ufpe.br  
Internet Source

1%

Exclude quotes: Off  
Exclude bibliography: Off

Exclude matches: < 1%

## Anexo 3 – Comprovante de submissão.

23/01/2020

ScholarOne Manuscripts



Clinical Pediatrics

[# Home](#)
[# Author](#)

# Submission Confirmation



Thank you for your submission

**Submitted to**  
Clinical Pediatrics

**Manuscript ID**  
CLP-A-20-071

**Title**  
Effects of heat disinfection methods on surface roughness of pacifiers

**Authors**  
de Freitas, Camila  
de Sousa, Emerson  
Soudine, Kelly  
Puppim-Rontani, Regina  
Castelo, Paula

**Date Submitted**  
23-Jan-2020

---



---

[Author Dashboard](#)

23/01/2020

ScholarOne Manuscripts

© Clarivate Analytics | © ScholarOne, Inc., 2020. All Rights Reserved.

ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.

ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,767 and #7,263,655.

 [@ScholarOneNews](#) |  [System Requirements](#) |  [Privacy Statement](#) |  [Terms of Use](#)