



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Araçatuba

GABRIELE MARTINS

**EFEITO DO SUOR ARTIFICIAL E ADESIVOS PARA
FIXAÇÃO DE SILICONE EM PRÓTESES FACIAIS COM
DIFERENTES PIGMENTAÇÕES SOBRE A ESTABILIDADE
DE COR E DUREZA SHORE A**

Araçatuba - SP
2025

GABRIELE MARTINS

**EFEITO DO SUOR ARTIFICIAL E ADESIVOS PARA
FIXAÇÃO DE SILICONE EM PRÓTESES FACIAIS COM
DIFERENTES PIGMENTAÇÕES SOBRE A ESTABILIDADE
DE COR E DUREZA SHORE A**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de
Odontologia de Araçatuba, para obtenção
do título de Cirurgiã-Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Coelho
Goiato

Araçatuba - SP
2025

Dedico este trabalho aos meus pais, Cristiane Neves e Danieber Santini Martins, por estarem presentes em cada etapa, sonhando e desejando, junto comigo, a minha plena realização profissional e pessoal, muitas vezes abrindo mão de seus próprios sonhos para me ajudar a conquistar os meus. Dedico a minha formação como Cirurgiã Dentista a vocês, pai e mãe, meu maior motivo para sempre buscar ser uma pessoa melhor. Nada seria possível sem vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à **Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP**, por ter sido meu lar e por me acolher durante todos esses anos. Sou imensamente grata pela oportunidade de fazer parte desta instituição e de poder realizar o meu sonho de me tornar Cirurgiã-Dentista e pesquisadora em uma faculdade conceituada e reconhecida no cenário da Odontologia nacional e internacional.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, pela concessão das bolsas de pesquisa (processos 121818/2023-3 e 128121/2024-6), que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À **Disciplina de Prótese Total** e ao **Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese** da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, por toda a infraestrutura disponibilizada e inúmeras oportunidades que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao **Prof. Tit. Marcelo Coelho Goiato**, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado, pelo enorme aprendizado e por despertar em mim uma paixão pela reabilitação orofacial desde suas aulas e orientações nas clínicas de Prótese Total. Serei eternamente grata pela confiança, acolhimento, carinho e estímulo. Obrigada por acreditar em mim e por me oferecer todo o suporte e apoio durante esses anos. Este trabalho só existe graças ao senhor.

À **Profª. Ass. Daniela Micheline dos Santos**, que foi essencial para o desenvolvimento e a conclusão das minhas duas Iniciações Científicas realizadas neste departamento, além de exercer um papel fundamental na minha formação como Cirurgiã-Dentista por todo o ensinamento na disciplina de Prótese Parcial Fixa. Obrigada por toda a ajuda, pelas dicas e pela disponibilidade. Sua contribuição foi extremamente importante para mim!

A todos os professores, técnicos, assistentes, familiares e amigos que, direta ou indiretamente, influenciaram na minha trajetória e contribuíram de forma inestimável para minha formação.

Ao meu avô, **Pedro de Alcântara Martins** (*in memoriam*), que se foi há algum tempo, mas permanece vivo dentro de mim. Um exemplo de pai e avô, que levarei para sempre comigo. Sabia do meu desejo de cursar esta faculdade e sei que está presente, olhando por mim lá de cima, orgulhoso e feliz, como sempre. Expresso aqui meu amor e minha gratidão eternos ao meu querido “vô Pedrinho”.

As minhas avós, **Maria Zuleide Turini** e **Dileni Santini Martins**, por sempre estarem ao meu lado e se fazerem presentes por toda a minha vida e trajetória estudantil, por terem me ensinado a ter garra e determinação, mesmo quando o caminho parecia turbulento. Agradeço por toda paciência e disposição a ajudar em todos esses anos, as carrego em meu coração.

Aos meus **amigos** de Araçatuba, que conheci dentro e fora da graduação, por todo o companheirismo, conselhos, ajuda e presença em minha vida. Vocês foram minha família e meu lar durante todos esses anos, e vou levá-los em meu coração para sempre! Agradeço especialmente à **Maria Helena Gonçalves**, à **Bárbara Medeiros** — minha dupla de clínica desde o início da faculdade —, à **Mylena Fernanda**, ao **Pedro Faneco**, à **Livia Prado** e à **Lauriene Cândido**, por terem me amparado nos momentos mais difíceis e por me permitirem compartilhar das alegrias e tristezas de uma vida em família!

Ao meu companheiro de vida, **Bruno Soranzo Gallette**, por todo o carinho, amor, cumplicidade, apoio e por sempre acreditar nos meus sonhos. Agradeço a você e à sua família por sempre me acalmarem e me impulsionarem. Sua presença foi fundamental para que eu concluísse este trabalho e a faculdade de forma mais leve e feliz.

“É na face que se converge a atenção, é nela que se refletem todas as expressões humanas. A face é o espelho da alma”

Gaziani, 1982

RESUMO

MARTINS, G. **Efeito do suor artificial e adesivos para fixação de silicone em próteses faciais com diferentes pigmentações sobre a estabilidade de cor e dureza Shore A.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2025.

Próteses maxilofaciais têm grande importância para pacientes com defeitos orofaciais, visto que a restauração protética da deformidade facial permite que esses pacientes retomem papel ativo na sociedade, ao representar satisfatoriamente uma alternativa para a recuperação estética. Clinicamente, essas próteses estão sujeitas a variações de temperatura e alta umidade, fatores que podem degradar o silicone com o tempo, causando, por exemplo, o desvanecimento de sua cor. Estudos apontam que condições humanas, como suor e sebo, também contribuem para a alteração de cor das próteses. A dureza do silicone determina sua flexibilidade, e a simulação da flexibilidade da pele humana da forma mais fiel possível promove maior conforto ao paciente, estética e funcionalidade. Uma das maiores limitações do silicone para próteses faciais é a dificuldade de adesão; portanto, o emprego do sistema adesivo ou primers é essencial para a melhora da fixação das próteses de silicone à pele humana. Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito do suor artificial e de adesivos sobre a estabilidade de cor e dureza Shore A de um silicone para próteses faciais com diferentes pigmentações. Para isso, sessenta amostras do silicone Silastic MDX4-4210 (10 mm (Ø) x 3 mm) foram confeccionadas em matriz metálica para os testes de dureza Shore A e alteração de cor. Dois tipos de pigmentos foram incorporados ao silicone, obtendo-se seis grupos de 10 amostras cada, divididos quanto ao tipo de pigmento e adesivo que seria aplicado em sua superfície: pigmento líquido + Drying Adhesive (G1); pigmento líquido + Pros-Aide Adhesive (G2); pigmento líquido (G3 – grupo controle); pigmento tipo ‘*flocking*’ + Drying Adhesive (G4); pigmento tipo ‘*flocking*’ + Pros-Aide Adhesive (G5); pigmento tipo ‘*flocking*’ (G6 – grupo controle). Todas as amostras foram armazenadas imersas em suor artificial, em uma estufa bacteriológica a 37 ± 1 °C por 3 meses. Nesse período, a cada três dias, foi realizada a lavagem e desinfecção de todas as amostras com sabonete de pH neutro e água, e as que estavam em contato com adesivo foram renovadas com uma nova camada. As amostras foram submetidas aos ensaios de cor e dureza Shore A antes e após o período experimental, para análise estatística. Os

dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey ($p < 0.05$). Constatou-se alteração estatisticamente significativa dos valores de alteração de cor (ΔE) entre os grupos ($p^* = 0,010$), com destaque para G2 e G5, com maiores valores, e G3 e G6, que apresentaram menor alteração de cor, indicando que o contato com adesivos fixadores alterou a cor das amostras de forma mais expressiva. Os valores encontrados para dureza Shore A demonstraram diferença estatística antes e após o período experimental ($p^* < .001$) entre os três primeiros grupos (G1, G2 e G3) e os demais (G4, G5 e G6), indicando maior dureza nos grupos com pigmento '*flocking*'. Apesar das alterações previstas, entende-se que todos os valores obtidos no presente estudo se apresentaram dentro da faixa clinicamente aceitável descrita na literatura, independentemente da adição de pigmentos, contato com adesivos e suor artificial.

Palavras-chave: Próteses faciais, Silicones, Cor, Dureza

ABSTRACT

MARTINS, G. **Effect of Artificial Sweat and Adhesives for Silicone Fixation on Facial Prostheses with Different Pigmentations on Color Stability and Shore A Hardness**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2025.

Maxillofacial prostheses play a significant role for patients with orofacial defects, as the prosthetic restoration of facial deformities enables these individuals to resume an active role in society by satisfactorily representing an alternative for aesthetic rehabilitation. Clinically, these prostheses are subject to temperature variations and high humidity—factors that can degrade silicone over time, causing, for example, color fading. Studies indicate that human conditions such as sweat and sebum also contribute to color changes in prostheses. The hardness of silicone determines its flexibility, and simulating the flexibility of human skin as faithfully as possible promotes greater patient comfort, aesthetics, and functionality. One of the major limitations of silicone for facial prostheses is its difficulty in adhering; therefore, the use of an adhesive system or primers is essential to improve the fixation of silicone prostheses to human skin. The present study aims to evaluate the effect of artificial sweat and adhesives on the color stability and Shore A hardness of a silicone used in facial prostheses with different pigmentations. For this purpose, sixty samples of Silastic MDX4-4210 silicone (10 mm (Ø) x 3 mm) were fabricated in a metallic matrix for Shore A hardness and color change tests. Two types of pigments were incorporated into the silicone, resulting in six groups of 10 samples each, divided according to the type of pigment and adhesive applied to the surface: liquid pigment + Drying Adhesive (G1); liquid pigment + Pros-Aide Adhesive (G2); liquid pigment (G3 – control group); flocking pigment + Drying Adhesive (G4); flocking pigment + Pros-Aide Adhesive (G5); flocking pigment (G6 – control group). All samples were stored, immersed in artificial sweat, in a bacteriological incubator at 37 ± 1 °C for 3 months. During this period, every three days, all samples were washed and disinfected with neutral pH soap and water, and those in contact with adhesive received a new layer of the same. The samples were subjected to color and Shore A hardness testing before and after the experimental period for statistical analysis. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test ($p < 0,05$). There was a statistically significant difference in color change values (ΔE) between the groups ($p = 0.010$), with emphasis on G2 and G5,

which showed higher values, and G3 and G6, which exhibited lower color change, indicating that contact with adhesive fixatives altered the color of the samples more expressively. The Shore A hardness values demonstrated statistical differences before and after the experimental period ($p < .001$) between the first three groups (G1, G2, and G3) and the others (G4, G5, and G6), indicating greater hardness in the groups containing 'flocking' pigment. Despite the expected changes, it is understood that all values obtained in the present study were within the clinically acceptable range described in the literature, regardless of the addition of pigments, contact with adhesives, or artificial sweat.

Keywords: Facial prostheses, Silicones, Color, Hardness

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição das amostras do silicone Silastic MDX4-4210 de acordo com grupo e tempo de análise proposto	17
---	----

ANEXO

Figura 1 – Silicone facial Silastic MDX 4-4210 (Dow Corning Corporation, Medical Products, Midland, EUA)	29
Figura 2 – Pigmento tipo “ <i>flocking</i> ” (Bege, Dimclay, São Paulo, Brasil) e FI- Functional Intrinsic II (Tan FI - 215, Factor II, Inc., Lakeside, EUA)	29
Figura 3 – Adesivos Drying Adhesive (Custom DME, LLC, North South Lake, EUA) e Pros-Aide Adhesive (A.D.M. Tronics, Inc., Northvale, EUA).	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de variância (One way ANOVA) dos valores de alteração de cor (deltaE)	19
Tabela 2 – Valores médios e desvio padrão da alteração de cor, para cada grupo proposto	20
Tabela 3 – Análise de variância (ANOVA de medidas repetidas) dos valores de dureza Shore A ($p^* < .001$)	20
Tabela 4 – Valores médios e desvio padrão da dureza Shore A das amostras, para cada grupo proposto	21

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Materiais utilizados para confecção das amostras	15
Quadro 2 – Componentes do suor artificial	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SS	Silicone Silastic MDX4-4210
RTV	Room Temperature Vulcanizing
et al.	E colaboradores
mm	Milímetros
°C	Graus Celcius
Inc.	Incorporated
EUA	Estados Unidos da América
LLC	Limited Liability Company
NaOH	Hidróxido de sódio
HCl	Ácido clorídrico
mm	Milímetros
%	Porcento
UV	Ultravioleta
Cl	Cloreto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DESENVOLVIMENTO	15
2.1 Proposição	15
2.2 Materiais e Métodos	15
2.3 Resultados	19
2.4 Discussão	21
3 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26
ANEXOS	29

1. INTRODUÇÃO

A Prótese Bucomaxilofacial é uma especialidade odontológica com profundo caráter humanitário, permitindo a reabilitação protética de perdas faciais desesperançosas pela cirurgia. É por meio da face que se exprimem as emoções, os anseios e se identifica o ser humano. Assim, quando alguma injúria acomete a face de um indivíduo, além do evidente prejuízo estético e funcional, acarreta também em problemas psicossociais, de autoaceitação e de convívio social, levando muitas vezes esse paciente a estados de depressão e isolamento ¹.

A etiologia das deformidades faciais pode estar relacionada a traumas, defeitos congênitos, patologias ou ser consequência de uma cirurgia oncológica ². Frente a essa situação, o reabilitador tem a missão de devolver função e estética ao paciente, para que, por meio dessas próteses, esses indivíduos consigam retomar seu papel ativo na sociedade.

Durante a história, muitos materiais já foram utilizados na confecção de próteses faciais, como madeira, marfim, ceras e metais ³. Para Bulbulian (1945), um material deve apresentar biocompatibilidade, flexibilidade, leveza, translucidez, baixa condutividade térmica, durabilidade, amoldabilidade, fácil aquisição, boa caracterização e facilidade de higienização ⁴.

Hoje, estudos da literatura relatam que o elastômero de silicone é a opção mais utilizada para a confecção de próteses maxilofaciais ⁵⁻⁹, já que, além de ser biocompatível ¹⁰⁻¹², possui propriedades físicas, químicas e mecânicas propícias para seu uso ¹²⁻¹⁵, textura e flexibilidade que favorecem a mimetização da pele do indivíduo, proporciona próteses leves e é passível de pigmentação ^{16,17}. Essas propriedades garantem que a prótese seja esteticamente agradável, tornando-se quase imperceptível àqueles que observam seu portador.

Para a caracterização das próteses faciais, é indicada a incorporação de pigmentos nos silicones para melhorar sua estética ¹⁸, com a finalidade de conferir ao silicone uma translucidez semelhante à epiderme humana ¹⁹. Segundo Drane, J. B. (1977), a coloração intrínseca é a melhor maneira de se aplicar cor a uma prótese ²⁰. Para isso, é realizada a adição de pigmentos corantes na pasta base do silicone durante o preparo, antes da mistura com o componente catalisador. Para conferir naturalidade

à prótese, fibras de náilon denominadas “*flockings*” têm sido incorporadas ao silicone na prática clínica, a fim de aumentar a resistência ao rasgamento e a estabilidade de cor, já que a presença de fibras eleva a resistência à tração, corrige a cor e produz uma prótese com aspecto natural em relação à pele do paciente ^{21,22}.

Todavia, devido a alterações nas propriedades do silicone ao longo do tempo, sua vida útil é curta, podendo variar de 6 a 24 meses ^{6,16}, sendo que a instabilidade cromática é um dos fatores que mais prejudicam a durabilidade das próteses bucomaxilofaciais ²³. Estudos apontam que a umidade e a precipitação têm um efeito maior no elastômero de silicone pigmentado do que o calor e o sol, sendo que condições humanas, como suor e sebo, também contribuem para a alteração de cor das próteses ²⁴.

A dureza do silicone determina sua flexibilidade, e a simulação da flexibilidade da pele humana da forma mais fiel possível promove maior conforto ao paciente, estética e funcionalidade ²⁵. É desejável que um material reabilitador apresente dureza compatível com os tecidos faciais e estabilidade de cor ao longo do tempo, a fim de resistir à rotina de uso da prótese e evitar sua ruptura ¹⁵. Ainda, o método de higiene deve ser de fácil acesso, de baixo custo, inerte ao silicone e eficiente.

Uma das maiores limitações desse material é a dificuldade de adesão ²⁶; portanto, o emprego de sistemas adesivos ou primers é essencial para melhorar a adesão das próteses de silicone à pele humana. Esses materiais são aplicados na superfície interna das próteses, mantendo a união entre o silicone e a pele mais estável e segura, além de promover a estética desejada.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Proposição

Devido à falta de estudos científicos na literatura acerca da atuação de adesivos em próteses faciais modulada por fatores ambientais, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do suor artificial e adesivos em um silicone para próteses faciais com diferentes pigmentações sobre a estabilidade de cor e dureza Shore A.

Este estudo apresenta como hipótese nula que os diferentes adesivos e contato com suor artificial por um período não alterariam a cor e dureza Shore A de um silicone pigmentado intrinsecamente.

2.2. Materiais e Métodos

Para a confecção das amostras, foi selecionado o silicone facial Silastic MDX4-4210, dois tipos de pigmentos intrínsecos (líquido e tipo '*flocking*'), suor artificial e dois adesivos específicos para próteses maxilofaciais (Drying Adhesive e Pros-Aide Adhesive), como representado no quadro abaixo:

Quadro 1. Materiais utilizados para confecção das amostras

Marca Comercial	Fabricante
Silicone Silastic MDX4-4210	Dow Corning Corporation Medical Products, Midland, EUA
Pigmento líquido	Tan FI - 215, Factor II, Inc., Lakeside, EUA
Pigmento tipo " <i>flocking</i> "	Bege, Dimclay, São Paulo, Brasil
Suor artificial	Farma Fórmula, Araçatuba, Brasil
Drying Adhesive	Custom DME, LLC, North South Lake, EUA
Pros-Aide Adhesive	A.D.M. Tronics, Inc., Northvale, EUA

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

O "suor artificial" de uso profissional refere-se a uma solução aquosa que simula a composição do suor humano. Foi obtido a partir de manipulação farmacêutica, preparado de acordo com a International Standard Organization (ISO105-E04-2008E), representado no quadro 2. O pH foi ajustado com NaOH ou HCl ²⁷.

Quadro 2. Componentes do suor artificial

Componente	Concentração/Volume	
	ISO pH 5.5	ISO pH 8.0
Cl. Sódio	0,5%	0,5%
Fosfato dissódico	0,5%	
Hidrogenofosfato dissódico dodecahidratado		0,5%
Dihidrogenofosfato de sódio dihidratado	0,22%	
Monocloridrato de L-histidina monohidratado	0,05%	0,05%
Água destilada	1000ml	

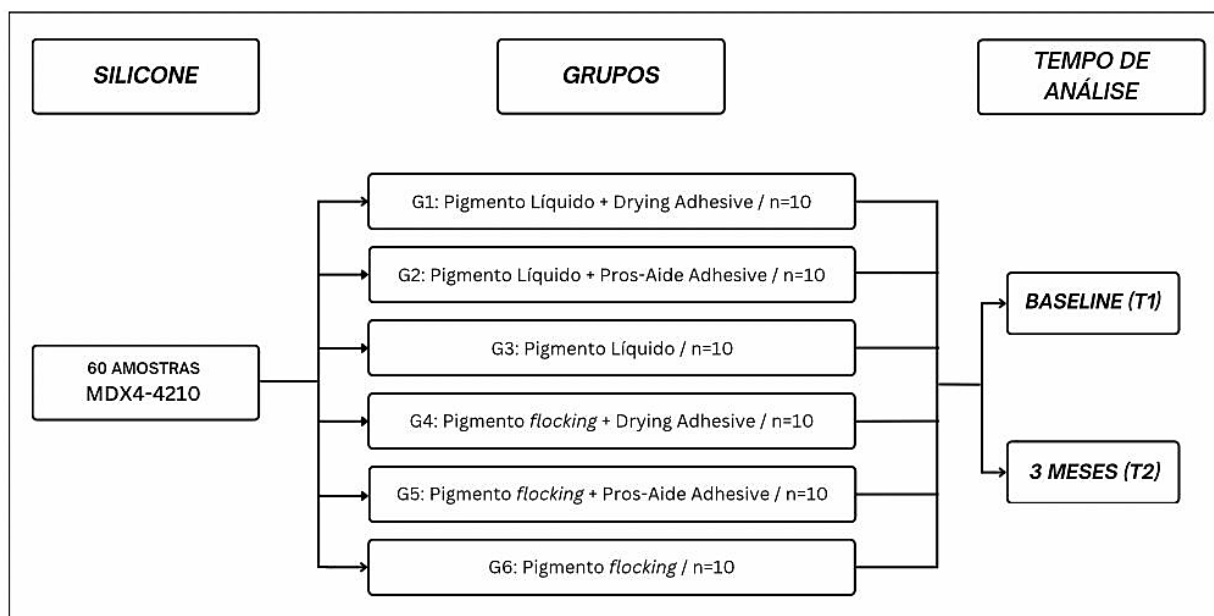
Fonte: Kulthong et al., 2010

Sessenta amostras foram confeccionadas em matriz metálica pré-conformada contendo 10 compartimentos circulares com diâmetro de 10mm por 3mm de espessura. O silicone foi manipulado de acordo com as instruções do fabricante em temperatura controlada de $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $50\% \pm 10\%$ ²⁵. Os pigmentos foram incorporados ao silicone com auxílio de uma espátula de aço inoxidável até formarem uma massa homogênea, de forma que o pigmento líquido foi atribuído à metade das amostras (n=30) e o pigmento em forma de '*flocking*' à outra metade (n=30). O pigmento líquido foi proporcionado a 0,2% do peso do silicone, enquanto o '*flocking*' correspondeu a 2% do peso do silicone ⁵. Todos os componentes foram pesados por meio de uma balança analítica (BEL Analytical Equipment, Brasil) ²⁵.

Após o manuseio, o silicone foi inserido no interior da matriz e, com o auxílio de uma espátula de metal, foi feita a regularização da sua espessura. As amostras de Silastic MDX4-4210 permaneceram confinadas no interior da matriz, onde nas primeiras 24 horas foram submetidas à pressão em uma panela polimerizadora pneumática (Metal Vander, SP, Brasil) para evitar o aparecimento de bolhas. Em seguida, a matriz foi retirada da panela com a superfície externa exposta ao meio ambiente por 72 horas para completa polimerização do material. Após esse período, cada amostra foi separada cuidadosamente da matriz metálica para evitar distorções e avaliada quanto a sua integridade e homogeneidade. Excessos e/ou irregularidades das bordas foram removidos com tesoura cirúrgica reta.

Essas amostras foram distribuídas em seis grupos de 10 amostras cada de acordo com a sua pigmentação e adesivo que seria posteriormente aplicado em sua superfície, sendo a divisão: **Grupo 1:** silicone Silastic MDX4-4210 (SS) + pigmento líquido Tan (FI – 215) + Drying Adhesive; **Grupo 2:** SS + pigmento líquido Tan (FI – 215) + Pros-Aide Adhesive; **Grupo 3:** SS + pigmento líquido Tan (FI – 215) (grupo controle); **Grupo 4:** SS + pigmento ‘flocking’ bege + Drying Adhesive; **Grupo 5:** SS + pigmento ‘flocking’ bege + Pros-Aide Adhesive; **Grupo 6:** SS + pigmento ‘flocking’ bege (grupo controle). A distribuição das amostras em grupos foi representada na figura abaixo (*Figura 1*):

Figura 1. Distribuição das amostras do silicone Silastic MDX4-4210 de acordo com grupo e tempo de análise proposto



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2025

Legenda: representação da divisão dos grupos de acordo com os materiais utilizados e tempos de análise

Após essa distribuição e numeração das amostras, a face mais íntegra de cada espécime foi eleita para a realização das leituras e pincelamento dos adesivos. Para a aplicação destes, uma camada homogênea dos adesivos Drying Adhesive e Pros-Aide Adhesive foi depositada sobre toda a superfície das amostras de seus respectivos grupos com auxílio de um pincel, de acordo com as instruções do

fabricante. Todas as amostras foram armazenadas separadamente em uma caixa criogênica imersas em suor artificial, dentro de uma estufa bacteriológica a $37\pm1^{\circ}\text{C}$ (CIENLAB Equipamentos Científicos Ltda, Campinas, SP, Brasil) ²⁵ por 3 meses, para simular o efeito do suor e sistemas adesivos sobre a prótese facial de silicone influenciada por diferentes tipos de pigmentos, com a ação do tempo.

Durante esse processo de armazenamento e envelhecimento, a cada três dias foi feita a lavagem dessas amostras com sabonete neutro (Karité, Delicious Care, Dove, Brasil) e as que estavam em contato com adesivo foram renovadas com uma nova camada. Após esse processo, foram feitas as leituras finais de cor e dureza Shore A.

Alteração de cor

As alterações de cor (ΔE) foram calculadas usando o sistema CIE Lab, estabelecido pela *Commission Internationale de l'Eclairage* ⁶. Este sistema pode ser calculado de acordo com a fórmula: $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{\frac{1}{2}}$, em que o “L” representa o brilho de 0 (preto) a 100 (branco perfeito), o “a” representa a quantidade de vermelho (valores positivos) ou verde (valores negativos), e o “b” representa a quantidade de amarelo (valores positivos) ou azul (valores negativos). Para esse processo, o Espectrofotômetro de reflexão ultravioleta visível (UV-2450, Shimadzu, Japão) foi usado.

Avaliação da Dureza (Shore A)

A leitura das amostras foi realizada por meio de um durômetro, modelo GDS 709 (Teclock, Osaka, Japão) de acordo com as especificações D-2240 da Sociedade Americana para testes e materiais (ASTM) ⁶. Esse método é baseado na penetração de uma agulha sobre a superfície do material com carga constante de 10 N. A mensuração foi estabelecida entre 0 e 100 Shore A com 1% de tolerância. Cada amostra foi colocada no durômetro com uma distância de 2mm da agulha de penetração do aparelho, que aplicou pressão por 15 segundos. Foram realizados três mensuramentos na superfície de cada amostra, para que depois fosse feita uma média dos três valores obtidos.

Análise estatística

As avaliações estatísticas foram realizadas por meio do Software Jamovi (Versão 2.2.5.0, Projeto Jamovi, Austrália) ²⁸⁻³¹. A alteração de cor foi obtida pela análise de variância One way ANOVA, e a avaliação da dureza Shore A foi verificada pela análise de variância ANOVA de medidas repetidas. Valores de p^* determinam o nível de significância estatística, desde nenhuma evidência contra a hipótese nula, até evidência extremamente significativa contra a hipótese nula. No caso de diferença estatística, foi aplicado o teste HSD Tukey e, em todos os casos, os valores foram considerados significativos quando p^* foi inferior a 0,05.

2.3. Resultados

Pôde-se verificar, por meio dos resultados, que o contato com suor artificial e adesivos influenciou nos valores de dureza Shore A e cor nos grupos avaliados, de forma a rejeitar a hipótese nula. Pela análise de variância One way ANOVA, constatou-se alteração estatística muito significativa dos valores de alteração de cor (ΔE) entre os grupos ($p^*=0.010$; Tukey $p<0.05$), como demonstra a tabela 1. Ainda, de acordo com os valores médios e desvio padrão para cada grupo proposto, foi possível observar maior alteração estatística nas amostras que tiveram interação com o adesivo Pros-Aide (G2 e G5) em relação aos demais grupos, e menor alteração nos grupos controle (G3 e G6), como disposto na tabela 2.

Tabela 1. Análise de variância (One way ANOVA) dos valores de alteração de cor (ΔE)

Fatores	Soma de quadrados	gl	Quadrado médio	F	p^*
Grupos	9.90	5	1.979	3.39	0.010
Resíduo	31.54	54	0.584		

Fonte: Versão 2.2.5.0, Projeto Jamovi, Austrália

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão da alteração de cor, para cada grupo proposto

Silicone	Grupos					
	G1	G2	G3	G4	G5	G6
MDX4-4210	1,68 ± 0,70 abc	2,65 ± 0,82 b	1,53 ± 0,50 ac	1,76 ± 0,84 abc	2,03 ± 1,06 abc	1,42 ± 0,51 ac

Fonte: Versão 2.2.5.0, Projeto Jamovi, Austrália

Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey

Em relação a dureza Shore A, houve diferença altamente significativa entre os grupos e na relação tempo*grupos ($p^* < 0.010$; Tukey $p < 0,05$), segundo o nível de significância adotado na análise de variância ANOVA de medidas repetidas (*tabela 3*), mas não houve alteração estatística significativa apenas considerando o fator tempo ao observar os grupos isoladamente. A partir da média e desvio padrão, observa-se diferença na dureza entre os grupos com pigmento líquido e ‘flocking’ antes e após a aplicação dos adesivos e contato com suor artificial, em que os valores para os grupos com pigmento líquido (G1, G2, G3) se mostraram mais baixos nos dois tempos (*tabela 4*). Essa análise se reafirma ao aplicar o teste de Tukey, diferenciando os grupos 1, 2 e 3 dos grupos 4, 5 e 6 nos testes iniciais e finais (*tabela 4*).

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA de medidas repetidas) dos valores de dureza Shore A ($p^* < .001$)

Fatores	Soma de quadrados	gl	Quadrado médio	F	p^*
Tempo	2.13	1	2.133	2.38	0.129
Grupos	718.1	5	143.61	141	< .001
Tempo*Grupos	29.37	5	5.873	6.54	< .001
Resíduo1	48.50	54	0.898		
Resíduo2	55.10	54	1.02		

Fonte: Versão 2.2.5.0, Projeto Jamovi, Austrália

Tabela 4. Valores médios e desvio padrão da dureza Shore A das amostras, para cada grupo proposto

TEMPO	GRUPOS					
	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Baseline (T1)	32,10 ± 0,57Aa	31,40 ± 0,70Aa	32,00 ± 0,00Aa	37,20 ± 0,63Ab	36,70 ± 0,82Ab	37,30 ± 0,95Ab
Após 3 meses (T2)	33,20 ± 0,92Aa	32,20 ± 0,02Aa	32,40 ± 1,17Aa	36,40 ± 1,51Abc	35,40 ± 1,51Ab	38,70 ± 1,06Ac

Fonte: Versão 2.2.5.0, Projeto Jamovi, Austrália

Letras maiúsculas diferentes nas colunas e letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

2.4. Discussão

Todos os valores obtidos no presente estudo apresentaram-se dentro da faixa clinicamente aceitável descrita na literatura, independentemente da adição de pigmentos, contato com adesivos e suor artificial. No entanto, a hipótese nula foi rejeitada, visto que diferentes adesivos e contato por um tempo com suor artificial alteraram de forma significativa a cor e dureza Shore A de um silicone pigmentado intrinsecamente.

A reabilitação de pacientes com mutilações faciais sempre foi um grande problema, especialmente para aqueles em que a substituição da perda de substância tecidual não pode ser feita por meio de cirurgia plástica ³². O sucesso da reabilitação com próteses maxilofaciais depende do conhecimento completo dos princípios de harmonia facial, mistura de cores, ancoragem, retenção, peso da prótese, durabilidade, tolerância e compressão tecidual e, principalmente, da fácil aquisição do material ³³.

O silicone adotado neste estudo foi escolhido por ser considerado um material de grande popularidade para a fabricação de próteses maxilofaciais, graças às suas vantagens como flexibilidade, durabilidade, resistência à tração e fácil utilização. Pesquisas indicam que o material mais utilizado por protesistas bucomaxilofaciais para confecção de próteses faciais é o silicone RTV (Room Temperature Vulcanizing), especificamente o silicone Silastic MDX4-4210 26 ²¹.

Porém, apesar dos avanços significativos nas propriedades biomecânicas e físicas dos materiais utilizados para a confecção das próteses faciais, fatores intrínsecos e extrínsecos podem causar gradualmente a degradação do elastômero de silicone ⁵. O fator intrínseco está relacionado a alterações na matriz de silicone ⁶, como sua polimerização contínua ²⁴, enquanto os fatores extrínsecos podem ser representados pela radiação ultravioleta, manuseio diário, temperatura, poluição do ar e alta umidade ^{6,34}.

Dentre os pigmentos mais utilizados para pigmentação intrínseca, destacam-se os pigmentos líquidos à base de silicone, como o selecionado para este trabalho. O fabricante afirma que este sistema de coloração intrínseca é uma mistura de pigmentos cosméticos triturados e misturados em um fluido de silicone oleoso, compatível com todos os tipos de silicones ³⁵. Complementarmente, fibras de nylon denominadas "*flockings*" são utilizadas para simular estruturas anatômicas internas, como fibras colágenas e pequenos capilares, conferindo mais naturalidade à prótese de silicone ^{21,22}.

Sabe-se que os sistemas adesivos/primers são utilizados para melhorar a adesão da prótese de silicone à pele humana. Segundo Goiato et. al (2025), eles são aplicados na superfície interna das próteses, ficando em contato com a pele, a fim de manter esta união mais estável e segura ³⁶. Dentre os adesivos amplamente utilizados para este processo, destacam-se o Pros-Aide Adhesive e o Drying Adhesive, sistemas à base de água próprios para fixação de próteses maxilofaciais, garantindo efetividade, fácil aplicabilidade e biocompatibilidade ^{29,37}.

Neste estudo, os grupos 2 e 5 performaram maiores valores de alteração de cor, ou seja, as amostras em contato com o Pros-Aide Adhesive tiveram maior fotodegradação após os 3 meses imersos em suor artificial, com destaque para o grupo 2 que se difere dos grupos controle (3 e 6) segundo o teste de Tukey, que apresentaram, por sua vez, os menores valores de alteração de cor. Entende-se que a exposição constante à umidade, suor, sebo e partículas ambientais pode interagir tanto com a camada superficial do silicone, quanto com o adesivo, o que pode promover um efeito de envelhecimento e escurecimento da superfície, aumentando a alteração de cor para estes grupos ²⁴. Uma maior alteração especificamente nos

grupos 2 e 5 indica que algum componente presente no Pros-Aide Adhesive é capaz de alterar a cor do silicone de forma mais expressiva, como o seu maior teor de sólidos³⁸, o que pode afetar a percepção de cor da prótese. Segundo Kiat-Amnuay et al. (2010), um maior teor de sólidos gera um comportamento mecânico superior, mas também sua maior rigidez e maior tendência à opacificação com o tempo³⁷. Ainda sim, mais estudos envolvendo o uso de adesivos e sua influência na alteração de cor dos silicones seriam necessários para corroborar esta ideia.

De acordo com alguns autores, $\Delta E < 1$ representa uma alteração de cor visualmente imperceptível e valores de $\Delta E \geq 1.0$ representam uma alteração de cor visualmente perceptível, sendo $\Delta E < 3.3$ uma alteração de cor clinicamente aceitável e um $\Delta E \geq 3.3$ uma alteração de cor inaceitável clinicamente, ou seja, perceptível a observadores não treinados⁶. No presente estudo, todos os valores de ΔE estiveram abaixo de 3.3 e acima de 1, portanto todos os grupos obtiveram uma alteração de cor clinicamente aceitável.

De acordo com Hatamleh et al. (2011), a dureza dos elastômeros de silicone é controlada pelas características da superfície da rede polimérica e pela densidade das ligações cruzadas³⁹. Sabe-se que a dureza corresponde à textura do silicone, a qual deve ser similar à textura do sítio anatômico a ser restaurado^{15,34,40}, de forma que os valores de dureza não podem ser muitos baixos nem muito elevados. Neste estudo, com base no teste de Tukey, pôde-se observar diferença estatística entre os grupos com pigmento líquido (G1, G2 e G3) e os com pigmento tipo “*flocking*” (G4, G5 e G6), nos dois tempos analisados, independente do uso de adesivo. Provavelmente, o pigmento líquido utilizado neste estudo pode ter dificultado o entrelaçamento das cadeias poliméricas do silicone MDX4-4210, reduzindo sua taxa de polimerização³⁴ e levando a um valor de dureza mais baixo do que os grupos com o pigmento sólido. Ainda que presentes essas alterações, a análise estatística não demonstrou diferença significativa na dureza entre os testes iniciais (T1) e finais (T2) e, apesar do processo de polimerização contínua, houve uma redução dos valores médios de dureza nos grupos 4 e 5. Uma razão para estes resultados não alterarem significativamente após o período experimental é a absorção da solução aquosa do suor artificial¹⁴. Mancuso et al. (2009) afirmaram que aditivos aos materiais de silicone podem promover a absorção de água e levar à redução da dureza⁴¹. Ainda, o processo de polimerização

contínua do material favorece as alterações na cadeia polimérica, em que a diminuição da densidade das ligações cruzadas gera menores valores de dureza no material ⁴². Segundo Conroy B. (1979), a dureza Shore A ideal deve estar entre 25 a 35 ou 25 a 55 unidades ⁴³, sendo esta faixa considerada referência até os dias atuais. Valores menores são encontrados na literatura como clinicamente aceitáveis, dependendo da aplicação específica da prótese. Baseado nestas informações, é possível considerar que todos os valores de dureza encontrados neste estudo são clinicamente aceitáveis.

É importante destacar que a higienização das próteses faciais também pode provocar a degradação das propriedades físicas do silicone, alterando sua cor e textura. Embora a correta higienização destas próteses seja essencial para garantir a manutenção da saúde dos tecidos, não existe um protocolo definido de limpeza. Goiato et al. (2009) sugere que algumas soluções desinfetantes de uso comum como solução de sabão neutro e hipoclorito de sódio a 1% parecem contribuir para sua degradação ⁴⁴. Além disso, alguns autores afirmam que a fricção digital durante a lavagem da prótese pode levar ao desprendimento dos pigmentos e dos opacificadores incorporados na matriz do silicone para sua caracterização ⁴⁵.

Mais estudos seriam necessários para entender o comportamento destes adesivos e suor em relação às alterações apresentadas. Uma particularidade observada é o uso de suor artificial, se tratando de um estudo *in vitro*. Assim, estudos mais aprofundados permitiriam comparações para confirmar os resultados reportados.

3. CONCLUSÃO

A aplicação de adesivos e tempo em contato com suor artificial alteraram as propriedades de cor e dureza Shore A do silicone MDX4-4120 pigmentado intrinsecamente. Contudo, conclui-se que mesmo com as alterações previstas, todos os resultados se mostraram clinicamente aceitáveis.

REFERÊNCIAS

1. Heindl LM, Trester M, Guo Y, Zwiener F, Sadat N, Pine NS et al. Anxiety and depression in patients wearing prosthetic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021; 259 (2):495-503.
2. dos Santos DM, de Caxias FP, Bitencourt SB, Turcio KH, Pesqueira AA, Goiato MC. Oral rehabilitation of patients after maxillectomy. A systematic review. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2018;56(4):256-66.
3. Andres CJ, Haug SP, Brown DT, Bernal G. Effects of environmental factors on maxillofacial elastomers: Part II: report of survey. *J Prosthet Dent* 1992;68(3):519-22.
4. Bulbulian AH. Facial Prosthesis. Philadelphia: Saunders; 1945. 1° ed. Santos; 1984. p.309-39.
5. Paulini MB, Santos DM, de Moraes Melo Neto CL, et al. Analysis of physical properties of facial silicones with different pigmentations submitted to nonthermal plasma treatment and accelerated aging. *J Prosthet Dent*. 2020;124(6):815.e1–7.
6. dos Santos DM, Paulini MB, Faria TG, et al. Analysis of color and hardness of a medical silicone with extrinsic pigmentation after accelerated aging. *Eur J Dent*. 2020;14(4):634–8.
7. Marrega Malavazi E, dos Santos DM, de Moraes Melo Neto CL, et al. Influence of different pigmentations and accelerated aging on the hardness and tear strength of the A-2186 and MDX4-4210 silicones. *Int J Dent*. 2020;2020:8492091.
8. Goiato MC, Haddad MF, Sinhoreti MA, dos Santos DM, Pesqueira AA, Moreno A. Influence of opacifiers on dimensional stability and detail reproduction of maxillofacial silicone elastomer. *Biomed Eng Online*. 2010;9:85.
9. Nóbrega AS, Neto CLMM, dos Santos DM, Bertoz APM, Melo-Moreno AL, Goiato MC. Effect of accelerated aging on the sorption and solubility percentages of silicone facial prostheses. *Eur J Dent*. 2022;16(1):223–6.
10. Cevik P, Eraslan O. Effects of the addition of titanium dioxide and silanated silica nanoparticles on the mechanical properties of maxillofacial silicones. *J Prosthodont*. 2017;26(7):611–5.
11. Cevik P, Yildirim-Bicer AZ. Effect of different types of disinfection solution and aging on the hardness and colour stability of maxillofacial silicone elastomers. *Int J Artif Organs*. 2017;41(2):108–14.
12. Seçilmiş A, Öztürk AN. Nasal prosthesis rehabilitation after partial rhinectomy: a clinical report. *Eur J Dent*. 2007;1(2):115–8.
13. Rai SY, Guttal SS. Effect of intrinsic pigmentation on the tear strength and water sorption of two commercially available silicone elastomers. *J Indian Prosthodont Soc*. 2013;13(1):30–5.
14. Goiato MC, Haddad MF, Santos DM, Pesqueira AA, Moreno A. Hardness evaluation of prosthetic silicones containing opacifiers following chemical disinfection and accelerated aging. *Braz Oral Res*. 2010;24(3):303–8.
15. Nguyen CT, Chambers MS, Powers JM, et al. Effect of opacifiers and UV absorbers on pigmented maxillofacial silicone elastomer, part 2: mechanical properties after artificial aging. *J Prosthet Dent*. 2013;109(6):402–10.

16. Nair A, Saratchandran S. Comparative evaluation of colour stability of maxillofacial silicones following accelerated aging conditions. *FACE*. 2022;3(2):362–8. doi:10.1177/27325016221101899.
17. Hatamleh MM, Watts DC. Mechanical properties and bonding of maxillofacial silicone elastomers. *Dent Mater*. 2010 Feb;26(2):185–91. doi:10.1016/j.dental.2009.10.001.
18. Guiotti AM, Goiato MC. Silicones para próteses faciais: efeito da pigmentação e envelhecimento sobre dimensão e superfície. *Cienc Odontol Bras* 2003;6(3):86-97.
19. Johnston WM, Ma T, Kienle BH. Translucency parameter of colourants for maxillofacial prostheses. *Int J Prosthodont*. 1995 Jan-Feb;8(1):79–85.
20. Drane, JB. Próteses faciais em silicona. I Simpósio latino – americano de reabilitação da face e de prótese buco-maxilo-facial, São Paulo, Brasil, p. 106-108, 1977.
21. Haug SP, Andres CJ, Munoz CA, Okamura M. Effects of environmental factors on maxillofacial elastomers; part III – physical properties. *J Prosthet Dent*. 1992 Oct;68(4):344–51. doi:10.1016/0022-3913(92)90381-J.
22. Fine L, Robinson JE, Barnhart GW, Karl L. New method for coloring facial prostheses. *J Prosthet Dent*. 1978 Jun;39(6):643–9. doi:10.1016/S0022-3913(78)80075-4.
23. Brandão TB, Vechiato Filho AJ, de Souza Batista, VE, Prado Ribeiro AC, Filho HN, Chilvarquer I, et al. Assessment of treatment outcomes for facial prosthesis in patients with craniofacial defects: A pilot retrospective study. *J Prosthet Dent*. 2017;118(2):235-41.
24. Gupta P, Deshpande S, Radke U, Ughade S, Sethuraman R. Colour stability of maxillofacial silicones: a systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc*. 2021;21(2):138–49. doi:10.4103/jips.jips_253_19.
25. Polyzois GL, Eleni PN, Krokida MK. Effect of time passage on some physical properties of silicone maxillofacial elastomers. *J Craniofac Surg*. 2011;22(5):1617–21.
26. Haddad MF, et al. Bond strength between acrylic resin and maxillofacial silicone. *J Appl Oral Sci*. 2012;20(6):649–54.
27. Kulthong K, Carey JG, Soderholm S, Tang N, Hooshmand N, VandeVord PJ. Determination of silver nanoparticle release from anti-bacterial fabrics into artificial sweat. *Particle and Fibre Toxicology*. 2010;7:1. doi:10.1186/1743-8977-7-30.
28. R Core Team (2021). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.0) [Computer software]. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2021-04-01).
29. Singh A, et al. Adhesives for maxillofacial prosthesis: a systematic review. *J Indian Prosthodont Soc*. 2021;21
30. Singmann, H. (2018). afex: Analysis of Factorial Experiments. [R package].
31. The jamovi project (2021). jamovi. (Version 2.2) [Computer Software].
32. Goiato MC, Murakawa AC, Mancuso DN. Pigmentação de próteses bucomaxilofaciais. *Rev Odonto*. 2008;16(31)
33. Nitchauser B, Sá-Lima JR. Desenvolvimento de uma escala cromática de tons de pele para confecção de próteses faciais em resina acrílica termopolimerizável. *Rev Odontol UNESP*. 1996;25(n.esp):41–9.

34. Nobrega AS, Andreotti AM, Moreno A, Sinhoreti MA, dos Santos DM, Goiato MC. Influence of adding nanoparticles on the hardness, tear strength, and permanent deformation of facial silicone subjected to accelerated aging. *J Prosthet Dent*. 2016;116:623–9.
35. Factor II, Inc. Tan (FI-215) – Functional Intrinsic II – silicone coloration system [Internet]. Lakeside (CA): Factor II, Inc.; [s.d.]. [cited 2025 Jun 27].
36. Coelho Goiato M, Yamamoto NCS, Neto CLMM, da Silva EVF, Caxias FP, Dos Santos DM. Analysis of the mechanical properties of bond strength in adhesive systems bonded to HCR silicone facial. *Int J Artif Organs*. 2025 Apr;48(4):275-279. doi: 10.1177/03913988251325680. Epub 2025 Mar 12. PMID: 40071534.
37. Kiat-Amnuay M, Gettleman TR, Khan RC, et al. Mechanical behavior of three maxillofacial prosthetic adhesive systems: a pilot study. *J Prosthet Dent*. 2010;103(5)
38. ADM Tronics Unlimited Inc. Material Safety Data Sheet – Pros Aide® Adhesive. 2016 Nov 11.
39. Hatamleh MM, Polyzois GL, Silikas N, Watts DC. Effect of extraoral aging conditions on mechanical properties of maxillofacial silicone elastomer. *J Prosthodont*. 2011 Aug;20(6):439–46. doi:10.1111/j.1532-849X.2011.00736.x
40. dos Santos DM, Goiato MC, Sinhoreti MA, Fernandes AU, Ribeiro Pdo P, Dekon SF. Color stability of polymers for facial prosthesis. *J Craniofac Surg*. 2010;21(1):54–8.
41. Mancuso DN, Goiato MC, Santos DM. Color stability after accelerated aging of two silicones, pigmented or not, for use in facial prostheses. *Braz Oral Res*. 2009;23(2):144–148. doi:10.1590/S1806-83242009000200009.
42. Bibars A, al-Hourani Z, Khaldar Y, Waters M. Effect of thixotropic agentes as aditives in the mechanical Properties of maxillofacial silicone elastomers. *J Prosthet Dent*. 2018;119(4):671-75.
43. Conroy B, Haylock C, Hulterstom AK, Pratt G, Winter RW. Report of a four year research and development programme involving the Institute of Maxillofacial Technology and the University of Wales Institute of Science and Technology aimed at the production of a new facial prosthetic system. In: Conroy B, editor. *Proceedings of the Institute of Maxillo-Facial Technology and the International Facial Prosthetic Workshop*. 1979. p.218–45.
44. Goiato MC, Pesqueira AA, dos Santos DM, Zavanelli AC, Ribeiro P do P. Color Stability Comparison of Silicone Facial Prostheses Following Disinfection. *J Prosthodont* 2009; 18:242-4.
45. Pesqueira AA, Goiato MC, dos Santos DM, Haddad MF, Ribeiro P do P, Coelho Sinhoreti MA et al. Effect of Disinfection and Accelerated Aging on Color Stability of Colorless and Pigmented Facial Silicone. *J Prosthodont* 2011; 20:305-309

ANEXOS

Ilustrações dos materiais utilizados



Figura 1: Silicone facial Silastic MDX 4-4210 (Dow Corning Corporation, Medical Products, Midland, EUA).



Figura 2: Pigmento tipo “flocking” (Bege, Dimclay, São Paulo, Brasil) e FI- Functional Intrinsic II (Tan FI - 215, Factor II, Inc., Lakeside, EUA).



Figura 3: Adesivos Drying Adhesive (Custom DME, LLC, North South Lake, EUA) e Pros-Aide Adhesive (A.D.M. Tronics, Inc., Northvale, EUA).