



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

ESTEFÂNIA MARREGA MALVAZI

**Influência de diferentes pigmentos e envelhecimento
acelerado sobre a dureza e a resistência à ruptura de silicones
faciais**

Araçatuba

2017

ESTEFÂNIA MARREGA MALAVAZI

Influência de diferentes pigmentos e envelhecimento acelerado sobre a dureza e a resistência à ruptura de silicones faciais

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Odontologia de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Cirurgiã Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Coelho Goiato

Araçatuba

2017

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha mãe Elisabete, que nos 16 anos de convivência conseguiu transmitir todo o ensinamento necessário para que eu pudesse amadurecer e vencer meus desafios, mesmo com sua ausência terrena. Ao meu pai Flávio, por sua luta e determinação de ser pai e mãe todos os dias. À minha vó Cecília por ser minha segunda mãe e me ajudar a caminhar. À minha tia Denise por ter me mostrado a odontologia, por ser tia, mãe e amiga.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus** por ter me dado uma vida maravilhosa, com a possibilidade de poder trilhar meu caminho como eu desejasse.

Agradeço à minha mãe **Bete (Elisabete Aparecida Marrega Malavazi)** (*in memorian*) por todo carinho, amor e zelo comigo. Por proporcionar a mim a melhor educação e criação possível, na sua curta caminhada na terra. Não foi nada fácil caminhar sem você, mas eu consegui crescer e vencer todos os obstáculos da vida até aqui. Mãe, logo serei Cirurgiã Dentista, igual à Tia Denise, a quem cuida muito bem de mim na sua ausência, junto com a Vó Cecília (que está mais teimosa do que nunca). Sei que neste momento você está borbulhando estrelinhas de orgulho no céu, mas sei que cedo ou tarde a gente vai se encontrar. Amo além da vida. Eternas saudades!

Agradeço ao meu pai **Flávio (Flávio Malavazi)** por ter continuado a minha criação, com a ausência de minha mãe, sem hesitar em medir esforços para me dar tudo de melhor. Amo você, pai.

Agradeço à minha **Vó Cecília (Cecília Javara Marrega)** por ter me ensinado a ter garra e determinação, mesmo quando o caminho parecia turbulento. Por ser minha segunda mãe, por ter me criado desde que nasci e pela sua presença marcante onde passa. Te amo vó!

À minha **Vó Denaíde (Denaíde Venancio Pires Malavazi)** (*in memorian*), ao meu **Vô Durvalino (Durvalino Malavazi)** (*in memorian*) e ao meu **Vô Jílio (Jílio Marrega)** (*in memorian*). Amo vocês, alguns sem mesmo ter conhecido.

Agradeço a minha **Tia e madrinha de Crisma Dê (Denise Artioli)** a qual tenho uma admiração enorme, por ter me inspirado cursar odontologia, sendo meu espelho diário, tanto na profissão, como na vida. Por ser sempre presente, pelos puxões de orelha, conselhos, ensinamento (tanto em odontologia, quanto na vida), por ser minha companheira de treino, pedaladas, filmes, viagens, comidas e logo mais, de profissão. Por ser mãe (mãe Bete sabe que você cumpre bem essa tarefa) e amiga ao mesmo tempo. Amo você.

Agradeço à minha **Tia Andria (Andria de Souza Marrega)**, **Tio Zé (José Luís Marrega)**, **Tio Mauro (Mauro Malavasi)**, **Tia Janete (Janete Malavazi)** por estarem sempre presentes em minha vida. Amo todos vocês.

Agradeço à minha madrinha **Tereza (Tereza Elisabeth Trecenti)** e padrinho **Nelson (Nelson de Toledo)**, que me apoiaram desde o momento em que aceitaram ser meus padrinhos e por todo o apoio durante a faculdade. Amo vocês.

Agradeço aos meus primos **André Artioli Malavasi, Tiago Marrega, Flavia Marrega e Jéssica Andressa Marrega** pela infância maravilhosa que tivemos. Amo vocês, mesmo com as eternas briguinhas e zuações.

À minha amiga **Natália**, que desde o primeiro dia de aula, em 2012, se tornou especial e minha melhor amiga de Araçatuba e hoje é uma parceira que eu sei que posso contar todo tempo. Pelas festas, madrugadas estudando, conselhos, broncas, alegrias compartilhadas nesses 6 intensos anos. Você é o presente que a FOA me deu. Levarei você pra sempre comigo. Amo você.

À minha amiga de infância **Aninha/Nani (Ana Flávia Andrade)** e a toda sua família pelo acolhimento que sempre me deram, por me fazerem me sentir em casa. Pela amiga parceira e conselheira que sempre foi e que sempre me ajudou nos meus piores momentos, o meu muito obrigado. Amo você.

Às meninas do “**Deusas da XIV**”, **Vic (Victoria Berriel), Nat (Natalia Gimenez de Paiva), Isa (Isadora Victorino), Tami (Tamires Melo Francati) e Gabi (Gabriela Lima Mito)**, muito obrigada pelos conselhos, pela nossa amizade que levarei comigo pra sempre, pelas magrugadas de provas, pelos roles, pelas festas. Sentirei saudades de vocês! Amo todas!

A uns dos meus melhores amigos, **Caio (Caio Faria de Moraes)**, parceiro de caronas pra Bauru, dupla que destruía os preparos de Prótese Parcial Fixa, que sempre me aconselhou e me zoou. À minha dupla de Dentística e agora de Pediatria Lukinha (Lucas Seraphim) que sempre foi muito parceiro, tenho um carinho enorme por você e só nos dois sabemos o que passamos na pediatria (rsrsrs). À **Dorinha (Isadora Seraphim)**, amiga e dupla de Integrada, que sempre me socorre, me auxilia, pelos altos papos em clínica ao lado dos paciente (rsrsrs). À **Mandinha (Amanda Passarinho)**, com quem estudei todo o colegial e moramos juntas por 5 anos de faculdade, por toda ajuda que me deu quando cheguei em Araçatuba, por me ensinar até a fazer arroz, pelos conselhos, pela companhia diária nos cafés da tarde com ovo e nossos almoços fitness. Amo todos vocês.

À **Dhá (Dra. Adhara Smith Nobrega)**, que me orientou durante toda essa pesquisa, me ensinando, me fazendo gostar de Crossfit (tinha preconceito mesmo). Altas madrugadas de experimentos, brincadeiras, conversas, conselhos, briguinhas (rsrsrs) e choradeiras naquele departamento. Adquiri uma amizade e uma admiração muito grande a você. Sei que será uma excelente professora e profissional. Enfim essa pesquisa se esse TCC saíram! Amo você.

Ao meu orientador **Prof. Titular Marcelo Coelho Goiato**, por ter aceitado me orientar, pelo qual tenho enorme admiração e carinho, por todos os ensinamentos ao longo da graduação, ser um professor de excelência e pela capacidade de transmitir todo o seu conhecimento. Muito obrigada!

Ao **Prof. Dr. Humberto Genari filho**, por ter aceito ser banca desse trabalho, pelo ótimo professor que é. Pelos ensinamentos fundamentais em prótese total, meu muito obrigada!

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na pessoa do diretor da Faculdade de Odontologia de Araçatuba Prof. Titular Wilson Roberto Poi e do vice-diretor Prof. Titular João Eduardo Gomes Filho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão da bolsa de iniciação científica e pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

“Cada sonho que você deixa para trás, é um
pedaço do seu futuro que deixa de existir.”

Steve Jobs

MALAVAZI, E.M. **Influência de diferentes pigmentos e envelhecimento acelerado sobre a dureza e a resistência à ruptura de silicones faciais.** 2017. Trabalho de conclusão de curso - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2003.

RESUMO

Uma das propriedades mais afetadas prejudicando a durabilidade das próteses bucomaxilofaciais é a estabilidade cromática. São muitas as tentativas de desenvolvimentos de novos pigmentos, mais duradouros, e escalas de cor que facilitem o uso clínico. O presente estudo teve como objetivo analisar a influência de três pigmentos na dureza e resistência à ruptura de silicones submetidos ao envelhecimento acelerado. Para a confecção das amostras, selecionaram-se os silicones faciais A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210 e três tipos de pigmentos, nas cores bronze, preto e, um novo pigmento, cor rosa médio. Para cada teste, foram confeccionadas 80 amostras distribuídas em 8 grupos (n=10), de acordo com o tipo de silicone e pigmento adicionado. As amostras foram submetidas aos testes de dureza e resistência à ruptura antes e após 1008 horas de envelhecimento acelerado. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de aderência à curva normal, sendo aplicado teste estatístico apropriado para a comparação dos valores médios de cada ensaio realizado. Os testes concluíram que os pigmentos influenciaram na dureza e resistência dos silicones. Também foi observado que o envelhecimento acelerado influenciou todas as propriedades avaliadas, independentemente da adição de pigmentos.

Descritores: Prótese Maxilofacial. Elastômeros de Silicone. Dureza. Resistência à ruptura

MALAVAZI, E.M. **Influence of different pigments and accelerated aging on the hardness and the breaking strength of facial silicones.** 2017. Trabalho de conclusão de curso - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2003.

ABSTRACT

One of the most affected properties damaging the durability of maxillofacial prosthesis is the color stability. There are many attempts to development of new pigments, longer lasting, and color scales to facilitate the clinical use. This study aims to analyze the influence of three pigments in hardness and tear strength of two silicones submitted to accelerated aging. For samples fabrication, we selected the facial silicones A2 A-2186 and Silastic MDX4-4210 and three pigments, in bronze and black, and a new pigment, medium pink color. For each test, a total of 80 samples were fabricated and distributed in 8 groups (n = 10), according to silicone and pigment. The samples were submitted to hardness and tear strength tests before and after 1008 hours of accelerated aging. Data were submitted to the normal curve adherence test, applied appropriate statistical test to compare the mean values for each test performed. The tests concluded that the pigments influenced the hardness and resistance of the silicones. It was also observed that accelerated aging influenced all evaluated properties, regardless of the addition of pigments.

Descriptors: Maxillofacial Prosthesis. Silicone Elastomers. Hardness. Shear strength.

LISTA DE FIGURAS

Figuras:	pág.
Figura 1. Fluxograma de confecção das amostras.	18
Figura 2. Dimensões para amostras submetidas ao teste de dureza.	19
Figura 3. Dimensões para amostras submetidas ao teste de resistência à ruptura.	20

LISTA DE FIGURAS

ANEXO

Figuras:	pág.
Figura 1: Silicone facial Silastic MDX 4-4210 (Dow Corning Corporation, Medical Products, Midland, MI, Estados Unidos da América).	32
Figura 2: Pigmento FI- Functional Intrinsic II - Silicone Coloring System Preto (Black FI – 205) e Bronze (Tan FI – 215) (Factor II, Lakeside, AZ, EUA).	32
Figura 3: Pigmento FI- Functional Intrinsic II - Silicone Coloring System Preto (Black FI – 205) e Bronze (Tan FI – 215) (Factor II, Lakeside, AZ, EUA).	32
Figura 4: Balança analítica digital (BEL Equipamentos Analíticos Ltda., Piracicaba, SP, Brasil) utilizada na pesagem dos materiais.	33
Figura 5: Durômetro Modelo GDS 709 (Teclock, Osaka, Japão) utilizado para o teste de dureza. .	33
Figura 6: Máquina de Ensaio Universal (EMIC, EMIC DL 3000, São José dos Pinhais, PR, Brasil), utilizada na realização do teste de resistência à ruptura	34
Figura 7: Câmara de envelhecimento acelerado para não-metálicos (Equilam Diadema, SP, Brasil), utilizada para o ensaio de envelhecimento das amostras.	34

LISTA DE TABELAS

Tabelas:	pág.
Tabela 1. Valores percentuais médios \pm desvio padrão de dureza dos diferentes silicones utilizados de acordo com os períodos de análise e pigmentos incorporados	22
Tabela 2. Valores percentuais médios \pm desvio padrão de força de ruptura dos diferentes silicones utilizados de acordo com os períodos de análise e pigmentos incorporados.	23

LISTA DE ABREVIATURAS

pág. = Página

% = Porcento

EUA = Estados Unidos da América

et al. = E colaboradores

Ltda. = Limitada

nº = Número

mm = Milímetro

min = Minuto

°C = Graus Celsius

SP = São Paulo

UV = ultravioleta

DP = Desvio Padrão

kgf = Quilograma força

ASTM = Associação Americana para Testes e Materiais

NJ = New Jersey

2. Proposição	16
3. Materiais e Métodos	17
4. Resultados.	22
5. Discussão	24
6. Conclusão	27
7. Referências	28
ANEXOS	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

As próteses bucomaxilofaciais são de suma importância para o paciente acometido por tumor, acidente ou má formação congênita que ocasione a perda de parte anatômica da face, visto que em alguns casos, não é possível realizar a cirurgia plástica reconstrutora e tecidos cruentos podem ficar expostos, sendo uma porta de entrada para infecções^{1,2}.

Além disso, a mutilação facial afeta o paciente psicologicamente, levando ao isolamento social, diminuição da autoestima e, frequentemente, à depressão. Portanto, a função da prótese bucomaxilofacial é, além de proteger a área exposta, reinserir o indivíduo na sociedade e melhorar sua qualidade de vida^{3,4}.

Diversos materiais são empregados para confecção dessas próteses, dentre eles polietilenos, poliuretanos, resinas acrílicas, silicones e polivinílicos⁵, sendo o mais utilizado o silicone, devido à sua fácil manipulação, biocompatibilidade com a pele, e relativa durabilidade e resistência, cujo uso é datado desde a década de 60^{6,7}. Porém esses materiais poliméricos possuem baixa estabilidade térmica, pouca resistência aos raios UV, elevado desgaste natural, diminuindo o tempo de vida útil das próteses⁸.

Uma das propriedades mais afetadas prejudicando a durabilidade das próteses bucomaxilofaciais é a estabilidade cromática, que interfere diretamente na estética. Frequentemente as próteses sofrem descoloração em um período inferior a um ano de uso, em decorrência da exposição solar, manuseio de cosméticos e uso de tabaco pelo paciente, ou mesmo exposição à poluentes do meio ambiente⁹⁻¹², independentemente se a pigmentação realizada foi intrínseca ou extrínseca¹¹.

Dessa forma são muitas as tentativas de desenvolvimentos de novos pigmentos, mais duradouros, e escalas de cor que facilitem o uso clínico¹³⁻¹⁶, entretanto nenhuma ainda se consagrou na literatura ou rotina clínica.

Apesar da cor ser uma das mais importantes propriedades, outras características também devem ser avaliadas, de forma a garantir o conforto ao paciente e durabilidade da prótese. A dureza determina a flexibilidade do material, e nesse caso é a responsável por permitir que o silicone mimetize os tecidos adjacentes à prótese^{5,8,17}. Além disso, mesmo as margens sendo delgadas, estas devem apresentar boa adaptação marginal¹⁸ e serem resistentes às trações cotidianas¹⁹ que o paciente exerce sobre a prótese, especialmente ao retirá-la da cavidade anatômica¹⁷.

As propriedades dos materiais devem ser avaliadas não somente no momento imediato após a finalização da confecção da prótese, mas também ao longo do tempo. Um dos métodos para avaliar a degradação *in vitro* de materiais poliméricos é a câmara de envelhecimento acelerado²⁰⁻²⁴, que apesar de criar condições extremas de umidade e de exposição de raios UVB, é, comprovadamente, um teste viável, capaz de simular as mesmas condições e deteriorações do envelhecimento natural²⁵.

Quando novos pigmentos são utilizados deve-se avaliar, além da estabilidade cromática, se há influência em outras propriedades dos elastômeros de silicones. Por isso a execução desse estudo se justifica pela necessidade de avaliar a influência de um novo pigmento e outros dois, já existentes no mercado, sobre a dureza e resistência à ruptura em dois diferentes silicones faciais.

2 PROPOSIÇÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar a influência de três pigmentos na dureza e resistência à ruptura dos silicones A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210 antes e após o envelhecimento acelerado.

Este estudo apresenta como hipótese nula que a incorporação de pigmentos não irá influenciar nas propriedades dos silicones avaliados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materials

Os materiais utilizados para a confecção das amostras estão listados abaixo

(Quadro1):

MARCA COMERCIAL	FABRICANTE
Silicone Silastic MDX4-4210	Dow Corning Corporation Medical Products, Midland, MI, EUA
Silicone A2 A-2186	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento FI- Functional Intrinsic II - Silicone Coloring System Bronze (Tan FI – 215)	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento FI- Functional Intrinsic II - Silicone Coloring System Preto (Black FI – 205)	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento Rosa Médio Orbital	Orbital Colors, Birigui, SP

3.2 Métodos

Para a confecção das amostras, foram selecionados os silicones faciais A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210, três tipos de pigmentos, sendo dois deles específicos para caracterização de próteses bucomaxilofaciais nas cores bronze e preto, e um novo pigmento na cor rosa médio (Quadro 1) (Figura 1).

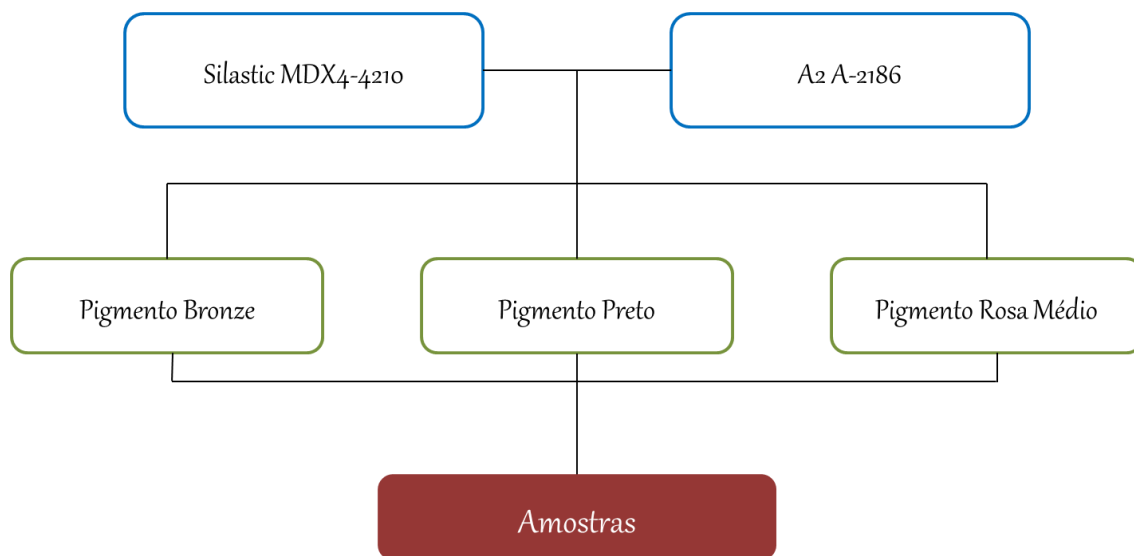


Figura 1. Fluxograma de confecção das amostras

As amostras foram distribuídas em oito grupos, de acordo com o tipo de silicone e pigmento adicionado, sendo a divisão: **Grupo 1:** Silicone A2 A-2186 (SA), **Grupo 2:** SA + Pigmento Bronze (B), **Grupo 3:** SA + Pigmento Preto (P), **Grupo 4:** SA+ Pigmento Rosa Médio (R), **Grupo 5:** Silicone Silastic MDX4-4210 (SS), **Grupo 6:** SS + B, **Grupo 7:** SS + P, **Grupo 8:** SS+ R.

As amostras foram submetidas aos testes de dureza e resistência à ruptura e em seguida, foram submetidas a 252, 504 e 1008 horas de envelhecimento acelerado e, então, novas leituras foram realizadas.

Confeção das amostras

Para confecção das amostras, os silicones e os pigmentos foram pesados em balança analítica digital (Adventurer, Ohaus Corporation, NJ, EUA) sendo que os pigmentos bronze e preto eram equivalentes a 0,200% do peso do silicone e o pigmento rosa foi confeccionado a partir de quatro pigmentos, sendo o branco correspondente à 0,600% do peso do silicone (62% do pigmento rosa), o amarelo à 0,112% (16% do pigmento rosa), o vermelho à 0,030% (25% do pigmento rosa) e o preto à 0,006% (19% do pigmento rosa).

Os silicones foram manuseados de acordo com as especificações do fabricante e vertidos em matrizes de aço inoxidável com dimensões de acordo com o ensaio a ser realizado.

Ensaio

Dureza

Para avaliação da dureza foram confeccionadas 10 amostras para cada um dos grupos ($n=10$), com dimensões de 30 mm de diâmetro e 2 mm de espessura^{8,26}, como mostra a figura 2. As leituras foram realizadas antes e após 252, 504 e 1008 horas de envelhecimento acelerado.

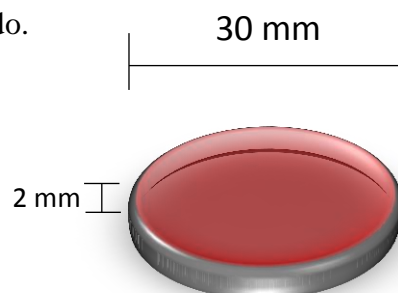


Figura 2. Dimensões para amostras submetidas ao teste de dureza.

A leitura da dureza (Shore A) foi realizada com o auxílio de um durômetro, Modelo GDS 709 (Teclock, Osaka, Japão) de acordo com as especificações D-2240 da

Sociedade Americana para testes e materiais (ASTM)²⁷⁻²⁹. Esse método é baseado na penetração de uma agulha sobre a superfície do material com carga constante de 10 N.

Ruptura

Resistência à ruptura (T) é definida como a força máxima (F) necessária para romper a amostra dividida pela espessura da amostra (D), na fórmula $T = F/D$.

O ensaio de resistência a ruptura foi realizado segundo as normas descritas pela Associação Americana para Testes e Materiais (ASTM), designação D-624 tipo C^{30,31}. Foram confeccionadas 10 amostras para cada um dos grupos (n=10) com dimensões como mostra a figura 3.

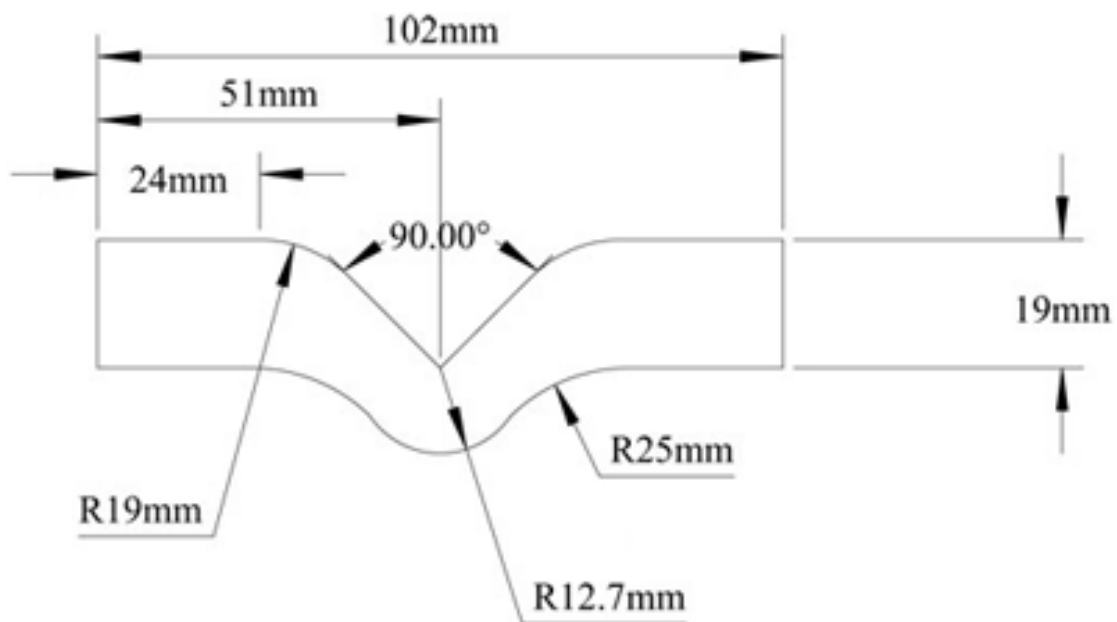


Figura 3. Dimensões para amostras submetidas ao teste de resistência à ruptura.

As extremidades maiores das amostras foram aprisionadas em uma máquina de ensaios universal EMIC (São José dos Pinhais, PR, Brasil). A máquina foi acionada com velocidade constante de 500 mm/min, até que ocorresse a ruptura da amostra. A

força (F) foi anotada pelo operador em ficha específica para posterior cálculo da resistência à ruptura (T).

Envelhecimento Acelerado

Para análise das propriedades ao longo do tempo, foi realizado o envelhecimento acelerado. Para isso, as amostras foram posicionadas em uma câmara (Equilam, Diadema, SP, Brasil), para corpos não metálicos, UVB/condensação, e submetidas a períodos alternados de luz ultravioleta e condensação de água destilada saturada de oxigênio, sob as condições de calor e umidade 100%. Cada ciclo de envelhecimento foi realizado por doze horas, sendo que nas primeiras oito horas incidiu luz ultravioleta a temperatura de $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ e nas quatro horas seguintes ocorreu um período de condensação sem luz, com temperatura de $45\pm 3^{\circ}\text{C}$.

Este ensaio foi realizado por 252, 504 e 1008 horas, simulando a deterioração causada, tanto pela água da chuva como do orvalho e a energia ultravioleta da luz do Sol, respectivamente a 3 meses, 6 meses e um ano de uso clínico da prótese.

Análise dos dados

Os dados obtidos dos efeitos das análises quantitativas realizadas (dureza e resistência à ruptura) foram submetidos ao teste de aderência à curva normal.

Foi aplicada análise de variância (ANOVA), para avaliar a interação de cada um dos fatores com as variáveis: material utilizado (Silicone Silastic MDX4-4210 e Silicone A2 A-2186), pigmentos (bronze, preto e rosa) e período (antes e após o envelhecimento acelerado). Diferenças significantes foram comparadas pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

4 RESULTADOS

A análise de variância (ANOVA) para os valores de dureza revelou diferença estatística significativa na interação dos fatores: Período x Pigmento x Silicone ($p < 0,001$).

Pode-se observar que o envelhecimento acelerado, de forma geral, aumentou a dureza das amostras. No período inicial o pigmento rosa apresentou os menores valores de dureza para o silicone A2 A-2186 e o pigmento bronze para o silicone MDX4 4210. O pigmento preto aumentou os valores de dureza para ambos os silicones (Tabela 1).

Tabela 1. Valores percentuais médios \pm desvio padrão de dureza dos diferentes silicones utilizados de acordo com os períodos de análise e pigmentos incorporados.

Silicone	Pigmento	Período de análise			
		Inicial	252 horas	504 horas	1008 horas
A2 A	Sem pigmento	1,14 \pm 0,06 Aa	1,21 \pm 0,06 ABb	1,21 \pm 0,03 Ab	1,16 \pm 0,10 Aa
	Bronze	1,14 \pm 0,09 Aa	1,19 \pm 0,06 Bb	1,22 \pm 0,04 Ab	1,19 \pm 0,01 Ab
	Preto	1,19 \pm 0,04 Aa	1,26 \pm 0,04 Abc	1,23 \pm 0,05 Ac	1,29 \pm 0,05 Bb
	Rosa	1,08 \pm 0,08 Ba	1,20 \pm 0,05 Bb	1,23 \pm 0,04 Ab	1,24 \pm 0,03 Cb
MDX4	Sem pigmento	1,05 \pm 0,07 Aa	1,09 \pm 0,08 ABa	1,14 \pm 0,05 Ab	1,16 \pm 0,04 Ab
	Bronze	0,98 \pm 0,04 Ba	1,02 \pm 0,04 Cb	1,05 \pm 0,04 Bbc	1,07 \pm 0,04 Bc
	Preto	1,06 \pm 0,07 Aa	1,14 \pm 0,05 Ab	1,12 \pm 0,06 ACb	1,12 \pm 0,06 Ab
	Rosa	1,01 \pm 0,03 ABa	1,07 \pm 0,05 BCb	1,08 \pm 0,06 BCb	1,07 \pm 0,04 Bb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna (para cada pigmento de cada silicone individualmente) e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ($+++P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para o teste de resistência à ruptura, a análise de variância (ANOVA) revelou diferença estatística significativa na interação dos fatores: Período x Pigmento x Silicone ($p = 0,045$).

Verifica-se na Tabela 2 que o silicone da marca MDX, apresentou os menores valores de resistência à ruptura. Além disso, o envelhecimento acelerado mostrou uma tendência de aumentos nos valores de resistência à ruptura para o silicone A2 A-2186. A Adição de pigmentos promoveu um aumento nos valores de resistência à ruptura.

Tabela 2. Valores percentuais médios \pm desvio padrão de força de ruptura dos diferentes silicões utilizados de acordo com os períodos de análise e pigmentos incorporados.

Silicone	Pigmento	Período de análise			
		Inicial	252 horas	504 horas	1008 horas
A2 A	Sem pigmento	3,64 \pm 0,61 Aa	4,58 \pm 0,79 ABb	3,34 \pm 0,49 ABa	4,34 \pm 0,97 Ab
	Bronze	3,87 \pm 0,48 Aa	4,97 \pm 0,40 Ab	3,60 \pm 0,64 Aac	3,33 \pm 0,82 Bc
	Preto	3,74 \pm 0,43 Aa	4,29 \pm 0,40 Bb	3,22 \pm 0,27 ABc	3,97 \pm 0,65 Aab
	Rosa	3,80 \pm 0,38 Ab	4,29 \pm 0,57 Ba	3,21 \pm 0,42 Bc	3,89 \pm 1,06 ABab
MDX4	Sem pigmento	1,40 \pm 0,15 Ab	2,42 \pm 1,18 Aa	2,17 \pm 0,76 Aa	2,32 \pm 0,77 Aa
	Bronze	1,53 \pm 0,09 Aa	1,88 \pm 0,29 Ba	1,47 \pm 0,14 Ba	1,88 \pm 0,35 ABa
	Preto	1,54 \pm 0,11 Aa	1,79 \pm 0,09 Ba	1,58 \pm 0,10 Ba	2,05 \pm 0,31 ABa
	Rosa	1,63 \pm 0,14 Aa	1,73 \pm 0,19 Ba	1,49 \pm 0,11 Ba	1,60 \pm 0,09 Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna (para cada pigmento de cada silicone individualmente) e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ($+++P < 0.05$) pelo teste de Tukey.

5 DISCUSSÃO

A hipótese nula foi negada, uma vez que a incorporação de pigmentos influenciou os valores de dureza e resistência à ruptura.

Os pigmentos agiram de maneira distinta sobre o silicone, os pigmentos Bronze e Rosa diminuíram a dureza do silicone enquanto o pigmento Preto aumentou a dureza. Apesar dos pigmentos Bronze e Preto serem da mesma marca, os componentes da sua fórmula podem diferir para se alcançar o matiz desejado, e por isso agem de maneira distinta sobre o material.

A redução nos valores iniciais de dureza pode ser devido a alguns componentes dos pigmentos serem incorporados na matriz silicone, dificultando o entrelaçamento das cadeias poliméricas e reduzindo a velocidade de polimerização do material³¹. No entanto, após o envelhecimento, verificou-se que os valores de dureza aumentaram, tanto para 252 como para 504 horas, para todos os pigmentos. Diversos estudos^{19, 32-34} apontam que o envelhecimento acelerado faz com que o silicone facial atinja maior grau de cura, pois este material sofre polimerização contínua e a maior liberação de formaldeído ocorre nas primeiras 72 horas, mas, passado este período, a liberação de subproduto continua indefinidamente.

Associado a esse fato, a maioria dos polímeros têm cadeias moleculares nos seus anéis aromáticos e ligações C=C, que podem absorver a radiação UV. Assim, quando uma molécula de polímero absorve luz UV, essa energia promove instabilidade na estrutura molecular. O excesso de energia é transmitido por excitação de uma molécula para outra, permitindo que a primeira molécula recupere sua estabilidade. Dessa forma grupos afetados podem voltar para os seus estados originais, pela liberação de energia em forma de comprimento mais longo, como luz visível ou calor. Entretanto, ao liberar

esse excesso de energia, ocorre uma degradação fotoquímica, contribuindo para a deterioração da molécula, evidenciada por mudanças de cor e brilho, formação de trincas e endurecimento³³.

Sabe-se que a dureza corresponde à textura do silicone, a qual deve ser similar à textura do sítio anatômico a ser restaurado^{19, 24, 25, 33-35}, de tal forma os valores de dureza não podem ser muitos baixos nem muito elevados.

A propriedade avaliada pelo teste de resistência a ruptura determina que mesmo as margens sendo delgadas, estas devem apresentar boa adaptação marginal¹⁸ e serem resistentes às trações cotidianas¹⁹ que o paciente exerce sobre a prótese, especialmente ao retirá-la da cavidade anatômica¹⁷.

Em relação à resistência à ruptura, pode-se observar uma tendência de aumento nos valores após o envelhecimento acelerado. Como explicado anteriormente para os valores de dureza, esse aumento pode ocorrer devido à polimerização contínua do silicone associado à exposição aos raios ultravioletas^{9; 19; 20; 23; 32; 33}.

Os valores apresentados pelo silicone Silastic MDX4-4210 foram muito mais baixos. Entende-se, portanto, que o silicone da marca Factor possui uma resistência a ruptura mais elevada. Resistência que é percebida já no momento da manipulação do silicone, aparentemente mais difícil de proporcionar, homogeneizar e regularizar, por apresentar uma consistência mais pegajosa. Contudo, uma vez polimerizado, ele se apresentava com uma melhor textura e aparência. Essa consistência pode ser responsável por uma polimerização mais uniforme, dificultando a formação de bolhas e porosidade que poderiam influenciar os resultados encontrados.

A princípio pode-se pensar que os valores de resistência à ruptura estariam diretamente relacionados aos valores de dureza³⁴. Entretanto, a adição de pigmentos

tende a aumentar o efeito plasticizante do material, diminuindo a dureza e aumentando a resistência à ruptura^{30; 35}.

6 CONCLUSÃO

Apesar das limitações de um estudo *in vitro* é possível concluir que os pigmentos influenciaram a dureza do silicone, sendo o pigmento que se comportou mais favoravelmente ao longo dos períodos foi o pigmento rosa.

O silicone A2 A-2186 apresentou maiores valores de resistência à ruptura independentemente do pigmento utilizado.

Associado a isso, constatamos que o envelhecimento acelerado influenciou todas as propriedades avaliadas, independentemente da adição de pigmentos.

REFERÊNCIAS

- ¹ HUBER, H.; STUDER, S. P. Materials and techniques in maxillofacial prosthodontic rehabilitation. **Oral Maxillofac Surg Clin North Am**, v. 14, n. 1, p. 73-93, Feb 2002. ISSN 1042-3699 (Print)

1042-3699.
- ² LEMON, J. C. et al. Facial prosthetic rehabilitation: preprosthetic surgical techniques and biomaterials. **Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg**, v. 13, n. 4, p. 255-62, Aug 2005. ISSN 1068-9508 (Print)

1068-9508.
- ³ TURKASLAN, S. et al. Influence of immediate and permanent obturators on facial contours: a case series. **Cases J**, v. 2, n. 1, p. 6, 2009. ISSN 1757-1626.
- ⁴ KOYAMA, S. et al. The potential of cohesive silicone for facial prosthetic use: a material property study and a clinical report. **J Prosthodont**, v. 20, n. 4, p. 299-304, Jun 2011. ISSN 1059-941x.
- ⁵ POLYZOIS, G. L.; ELENI, P. N.; KROKIDA, M. K. Effect of time passage on some physical properties of silicone maxillofacial elastomers. **J Craniofac Surg**, v. 22, n. 5, p. 1617-21, Sep 2011. ISSN 1049-2275.
- ⁶ HAUG, S. P.; MOORE, B. K.; ANDRES, C. J. Color stability and colorant effect on maxillofacial elastomers. Part II: weathering effect on physical properties. **J Prosthet Dent**, v. 81, n. 4, p. 423-30, Apr 1999. ISSN 0022-3913 (Print)

0022-3913.
- ⁷ DOS SANTOS, D. M. et al. Effect of addition of pigments and opacifier on the hardness, absorption, solubility and surface degradation of facial silicone after artificial ageing. **Polym. Degrad. Stabil.**, v. 97, n. 8, p. 1249-1253, 2012. ISSN 0141-3910.
- ⁸ GOIATO, M. C. et al. Hardness evaluation of prosthetic silicones containing opacifiers following chemical disinfection and accelerated aging. **Braz Oral Res**, v. 24, n. 3, p. 303-8, Jul-Sep 2010. ISSN 1806-8324.
- ⁹ KIAT-AMNUAY, S. et al. Interactions of pigments and opacifiers on color stability of MDX4-4210/type A maxillofacial elastomers subjected to artificial aging. **J Prosthet Dent**, v. 95, n. 3, p. 249-57, Mar 2006. ISSN 0022-3913 (Print)

0022-3913.

¹⁰ GARY, J. J.; HUGET, E. F.; POWELL, L. D. Accelerated color change in a maxillofacial elastomer with and without pigmentation. **J Prosthet Dent**, v. 85, n. 6, p. 614-20, Jun 2001. ISSN 0022-3913 (Print)

0022-3913.

¹¹ GOIATO, M. C.; MURAKAWA, A. C.; MANCUSO, D. N. **Pigmentação de próteses bucomaxilofaciais**. Revista Odonto. São Bernardo do Campo. 16: 92-99 p. 2008.

¹² GARY, J. J.; SMITH, C. T. Pigments and their application in maxillofacial elastomers: a literature review. **J Prosthet Dent**, v. 80, n. 2, p. 204-8, Aug 1998. ISSN 0022-3913 (Print)

0022-3913.

¹³ WEE, A. G. et al. Proposed shade guide for human facial skin and lip: a pilot study. **J Prosthet Dent**, v. 110, n. 2, p. 82-9, Aug 2013. ISSN 0022-3913.

¹⁴ HUNGERFORD, E. et al. Coverage error of commercial skin pigments as compared to human facial skin tones. **J Dent**, v. 41, n. 11, p. 986-91, Nov 2013. ISSN 0300-5712.

¹⁵ GUTTAL, S. S. et al. A study on reproducing silicone shade guide for maxillofacial prostheses matching Indian skin color. **Indian J Dent Res**, v. 19, n. 3, p. 191-5, Jul-Sep 2008. ISSN 0970-9290 (Print)

0970-9290.

¹⁶ XIAO, K. et al. Color reproduction for advanced manufacture of soft tissue prostheses. **J Dent**, v. 41 Suppl 5, p. e15-23, Nov 2013. ISSN 0300-5712.

¹⁷ HATAMLEH, M. M.; WATTS, D. C. Mechanical properties and bonding of maxillofacial silicone elastomers. **Dent Mater**, v. 26, n. 2, p. 185-91, Feb 2010. ISSN 0109-5641.

¹⁸ GOIATO, M. C. et al. Evaluation of dimensional change and detail reproduction in silicones for facial prostheses. **Acta Odontol Latinoam**, v. 21, n. 1, p. 85-8, 2008. ISSN 0326-4815 (Print)

0326-4815.

¹⁹ NGUYEN, C. T. et al. Effect of opacifiers and UV absorbers on pigmented maxillofacial silicone elastomer, part 2: mechanical properties after artificial aging. **J Prosthet Dent**, v. 109, n. 6, p. 402-10, Jun 2013. ISSN 0022-3913.

²⁰ KIAT-AMNUAY, S. et al. Influence of pigments and opacifiers on color stability of silicone maxillofacial elastomer. **J Dent**, v. 37 Suppl 1, p. e45-50, 2009. ISSN 0300-5712.

- 21 DOS SANTOS, D. M. et al. Influence of pigments and opacifiers on color stability of an artificially aged facial silicone. **J Prosthodont**, v. 20, n. 3, p. 205-8, Apr 2011. ISSN 1059-941x.
- 22 BEATTY, M. W. et al. Color changes in dry-pigmented maxillofacial elastomer resulting from ultraviolet light exposure. **J Prosthet Dent**, v. 74, n. 5, p. 493-8, Nov 1995. ISSN 0022-3913 (Print)
0022-3913.
- 23 FILIE HADDAD, M. et al. Color stability of maxillofacial silicone with nanoparticle pigment and opacifier submitted to disinfection and artificial aging. **J Biomed Opt**, v. 16, n. 9, p. 095004, Sep 2011. ISSN 1083-3668.
- 24 PESQUEIRA, A. A. et al. Effect of disinfection and accelerated ageing on dimensional stability and detail reproduction of a facial silicone with nanoparticles. **J Med Eng Technol**, v. 36, n. 4, p. 217-21, May 2012. ISSN 0309-1902.
- 25 DOS SANTOS, D. M. et al. Influence of natural weathering on colour stability of materials used for facial prosthesis. **Journal Of Medical Engineering & Technology**, England, v. 36, n. 5, p. 267-270, 2012. ISSN 1464-522X. Disponível em: <
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=22716457&lang=pt-br&site=ehost-live>>.
- 26 MANCUSO, D. N. et al. Effect of thermocycling on hardness, absorption, solubility and colour change of soft liners. **Gerodontology**, v. 29, n. 2, p. e215-9, Jun 2012. ISSN 0734-0664.
- 27 MATERIALS., A. S. F. T. A. **Standart test method for rubber property – Durometer Hardness. Annual book of ASTM Standarts Rubber ASTM-D 2240-81:** 3 p. 1983.
- 28 GUIOTTI, A. M.; GOIATO, M. C.; DOS SANTOS, D. M. Evaluation of the Shore A hardness of silicone for facial prosthesis as to the effect of storage period and chemical disinfection. **J Craniofac Surg**, v. 21, n. 2, p. 323-7, Mar 2010. ISSN 1049-2275.
- 29 GOIATO, M. C. et al. Evaluation of hardness and surface roughness of two maxillofacial silicones following disinfection. **Braz Oral Res**, v. 23, n. 1, p. 49-53, Jan-Mar 2009. ISSN 1806-8324.
- 30 RAI, S. Y.; GUTTAL, S. S. Effect of intrinsic pigmentation on the tear strength and water sorption of two commercially available silicone elastomers. **J Indian Prosthodont Soc**, v. 13, n. 1, p. 30-5, Mar 2013. ISSN 0972-4052 (Print)
0972-4052.

- ³¹ SANTAWISUK, W. et al. Mechanical properties of experimental silicone soft lining materials. **Dent Mater J**, v. 32, n. 6, p. 970-5, Nov 30 2013. ISSN 0287-4547.
- ³² KIAT-AMNUAY, S.; LEMON, J. C.; POWERS, J. M. Effect of opacifiers on color stability of pigmented maxillofacial silicone A-2186 subjected to artificial aging. **J Prosthodont**, v. 11, n. 2, p. 109-16, Jun 2002. ISSN 1059-941X (Print)
1059-941x.
- ³³ DOS SANTOS, D. M. et al. Color stability of polymers for facial prosthesis. **J Craniofac Surg**, v. 21, n. 1, p. 54-8, Jan 2010. ISSN 1049-2275.
- ³⁴ AZIZ, T.; WATERS, M.; JAGGER, R. Development of a new poly(dimethylsiloxane) maxillofacial prosthetic material. **J Biomed Mater Res B Appl Biomater**, v. 65, n. 2, p. 252-61, May 15 2003. ISSN 1552-4973 (Print)
1552-4973.
- ³⁵ NOBREGA, A. S. et al. Influence of adding nanoparticles on the hardness, tear strength, and permanent deformation of facial silicone subjected to accelerated aging. **J Prosthet Dent**, May 5 2016. ISSN 0022-3913.

ANEXOS

Ilustrações da metodologia



Figura 1: Silicone facial Silastic MDX 4-4210 (Dow Corning Corporation, Medical Products, Midland, MI, Estados Unidos da América).



Figura 2: Silicone facial Silicone A2 A-2186 (Factor II, Lakeside, AZ, EUA).



Figura 3: Pigmento FI- Functional Intrinsic II - Silicone Coloring System Preto (Black FI – 205) e Bronze (Tan FI – 215) (Factor II, Lakeside, AZ, EUA).



Figura 4: Balança analítica digital (BEL Equipamentos Analíticos Ltda., Piracicaba, SP, Brasil) utilizada na pesagem dos materiais.



Figura 5: Durômetro Modelo GDS 709 (Teclock, Osaka, Japão) utilizado para o teste de dureza. .



Figura 6: Máquina de Ensaio Universal (EMIC, EMIC DL 3000, São José dos Pinhais, PR, Brasil), utilizada na realização do teste de resistência à ruptura



Figura 7: Câmara de envelhecimento acelerado para não-metálicos (EquilamDiadema, SP, Brasil), utilizada para o ensaio de envelhecimento das amostras.

