



## Segmentação e quantificação automática de biofilme em imagens de prótese dentária

Automatic segmentation and quantification of biofilm in dental prosthesis images

Segmentación y cuantificación automática de biofilm en imágenes de prótesis dentales

Thaine Cravo Marques dos Santos<sup>1</sup>, Camila Borba de Araújo<sup>2</sup>, Cláudia Helena Lovato da Silva<sup>3</sup>, Joaquim Cezar Felipe<sup>4</sup>

### RESUMO

**Descritores:** Processamento de Imagem Assistida por Computador; Diagnóstico por Computador; Prótese dentária

**Objetivo:** Desenvolver um método inédito e uma ferramenta computacional para segmentação e quantificação automática de biofilme em próteses totais dentárias para avaliação da eficácia de métodos de higiene na remoção do biofilme. **Métodos:** O método de segmentação é baseado em técnica de segmentação por cor, com operações de morfologia matemática. Para o desenvolvimento, foram utilizadas a linguagem de programação C++ e a biblioteca OpenCV, no ambiente Microsoft Visual Studio. Foram utilizadas 90 imagens de prótese. O método foi avaliado por meio das medidas de Similaridade de Área, precisão, acurácia, sensibilidade e especificidade, tendo como referência quatro imagens em que a segmentação e a análise foram realizadas por especialistas. **Resultados:** O método apresentou valores médios de 87% e 91% nas medidas de acurácia e especificidade, respectivamente. **Conclusão:** O aplicativo é uma ferramenta em potencial para auxiliar na avaliação da eficácia de métodos de higiene na remoção do biofilme.

### ABSTRACT

**Keywords:** Computer-assisted image processing; Computer-assisted Diagnosis; Complete dentures

**Objective:** To develop an unprecedented method and a computational tool for automatic segmentation and quantification of biofilm in complete dentures to evaluate the effectiveness of hygiene methods in removing the biofilm. **Methods:** The segmentation method is based on a color segmentation technique, along with mathematical morphology operations. For development, the C++ programming language and the OpenCV library were used in the Microsoft Visual Studio environment. Ninety images of dentures were used. The method was evaluated using the measures of Area Similarity, precision, accuracy, sensitivity and specificity, having as reference four images in which the segmentation and analysis were performed by specialists. **Results:** The method presented average values of 87% and 91% in the measures of accuracy and specificity, respectively. **Conclusion:** The application is a potential tool to assist in the evaluation of the effectiveness of hygiene methods in removing the biofilm.

### RESUMEN

**Descritores:** Procesamiento de Imagen Asistido por Computador; Diagnóstico por Computador; Prótesis dental

**Objetivo:** Desarrollar un método sin precedentes y una herramienta computacional para la segmentación y cuantificación automática de biofilms en dentaduras superiores para evaluar la efectividad de los métodos de higiene en la remoción del biofilm. **Métodos:** El método de segmentación se basa en una técnica de segmentación de color, con operaciones de morfología matemática. Para el desarrollo, se utilizaron el lenguaje de programación C++ y la biblioteca OpenCV en el entorno Microsoft Visual Studio. Se utilizaron 90 imágenes de dentaduras superiores. El método se evaluó mediante medidas de Area Similitud, precisión, exactitud, sensibilidad y especificidad, teniendo como referencia cuatro imágenes en las que la segmentación y análisis fueron realizados por especialistas. **Resultados:** El método presentó valores promedio de 87% y 91% en las medidas de precisión y especificidad, respectivamente. **Conclusión:** La aplicación es una herramienta potencial para ayudar en la evaluación de la efectividad de los métodos de higiene para eliminar la biopelícula.

<sup>1</sup> Mestranda em Bioengenharia. Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia, Universidade de São Paulo - USP, Ribeirão Preto, (SP), Brasil.

<sup>2</sup> Mestre em Reabilitação Oral. Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Reabilitação Oral), Universidade de São Paulo - USP, Ribeirão Preto, (SP), Brasil.

<sup>3</sup> Professora Titular. Departamento de Materiais Dentários e Prótese, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo - USP, Ribeirão Preto, (SP), Brasil.

<sup>4</sup> Professor Associado. Departamento de Computação e Matemática, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo - USP, Ribeirão Preto, (SP), Brasil.

## INTRODUÇÃO

A saúde bucal de indivíduos desdentados usuários de próteses totais costuma ser constantemente afetada pelo surgimento de inflamações como a Estomatite Relacionada à Prótese, causada pelo acúmulo de biofilme. Portanto, é de suma importância a realização da quantificação de biofilme, tanto para a avaliação da eficácia de protocolos de higienização para prevenção da inflamação quanto para o auxílio ao diagnóstico, de uma forma confiável, rápida e eficaz.

A prótese total é um tratamento reabilitador utilizado para reposição total dos dentes superiores, inferiores ou ambos, permitindo que o indivíduo tenha novamente função, estética e conforto em sua boca<sup>(1)</sup>. Contudo, qualquer superfície na cavidade bucal, seja natural ou sintética, pode ficar coberta por um precipitado de glicoproteína salivar e imunoglobulina, denominado película. Essa película possibilita a aderência de resíduos orais e micro-organismos que dão origem ao biofilme<sup>(2)</sup>. Além disso, estudos mostraram que as próteses favorecem o surgimento de biofilmes compostos por uma organização complexa de bactérias, fungos e células epiteliais descamadas<sup>(3)</sup>.

A estomatite por prótese é uma condição patológica caracterizada por um processo inflamatório na mucosa oral e afeta aproximadamente dois terços dos usuários, a maioria mulheres e idosos<sup>(4)</sup>. Essa condição é clinicamente caracterizada por diferentes graus de inflamação da mucosa na região do palato sob a superfície do tecido da prótese superior. Um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento dessa patologia é a capacidade do fungo *Candida spp.* de aderir à base da prótese e formar biofilmes. Portanto, uma rotina rigorosa de limpeza da prótese é essencial para evitar a formação de biofilme na superfície da prótese<sup>(5)</sup>, evitando também o desenvolvimento da estomatite.

Para o controle da higiene bucal desses portadores, os programas de orientação e a utilização de materiais e métodos de higiene eficientes são essenciais. Entretanto, os estudos que comparam a eficiência dos higienizadores de prótese total utilizam diferentes métodos de quantificação de biofilme, dificultando a comparação dos resultados obtidos. Portanto, é importante que o método de quantificação de biofilme seja viável, simples, preciso, confiável e reproduzível, para ser utilizado como parâmetro para os testes de efetividade dos produtos de higienização específicos para prótese total<sup>(6)</sup>.

A literatura apresenta alguns métodos para quantificação clínica do biofilme (Figura 1), dentre os quais podem ser destacados o método computadorizado, pesagem de papel, contagem de pontos e planimétrico, associados a agentes reveladores de biofilme. Em estudo realizado por Silva-Lovato et al.<sup>(7)</sup>, os autores verificaram que os 4 métodos mostraram eficácia na mensuração clínica dos níveis de biofilme em superfícies de próteses totais, apresentaram uma alta taxa de correlação entre si, porém, considerando o tempo gasto na aplicação de cada procedimento, o método computadorizado pode ser a primeira escolha para quantificação do biofilme na superfície de próteses totais. Nos métodos pré-existentes ao método apresentado neste

artigo, a área total da prótese, utilizando como base a borda externa da prótese, e a área corada (biofilme) são medidas com o auxílio de uma ferramenta computadorizada, após a segmentação manual das regiões com biofilme corado na área interna. Após o cálculo das áreas, é calculado a porcentagem da área corada em cada prótese, representando a área com biofilme. Apesar desse método ser mais rápido que os métodos puramente manuais, o tempo gasto para medir as áreas de interesse ainda é consideravelmente alto. Isso ocorre devido ao fato de que a delimitação da área de interesse é feita manualmente pelo especialista para cada prótese.



**Figura 1** – Imagem fotográfica de uma prótese dentária, com biofilme em vermelho escuro.

Assim, a análise apresenta limitações na comparabilidade entre estudos e pode levar um tempo longo para ser feita, além de limitar o número de análises no total. Dentro desta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um método utilizando técnicas de processamento e análise automática de imagens, especificamente para as imagens fotográficas da região do palato de próteses dentárias, que possam realizar a quantificação totalmente automática da camada de biofilme e, assim, dar apoio aos estudos que avaliam ou propõem métodos de higiene para remoção do biofilme.

## MÉTODOS

### Ferramentas

Para realização deste trabalho foi utilizada a linguagem de programação C++ com o paradigma de programação orientada a objetos, utilizando o ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio na versão Community 2017, tanto para desenvolver o método quanto para a interface da ferramenta. Foi utilizada também a biblioteca OpenCV (*Open Source Computer Vision*), que é uma biblioteca escrita em C++ de código aberto que possui algoritmos de aprendizagem de máquina e visão computacional e pode ser facilmente integrada com o Visual Studio.

### Base de Imagens

Para realização dos testes da ferramenta foram utilizadas 90 imagens fotográficas da superfície interna de próteses totais superiores com biofilme evidenciado com vermelho neutro a 1%, fornecidas pelo Laboratório de Pesquisa em Reabilitação Oral (LabPRO), da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Para validação do método, 4 imagens (Figura 2), dentre as 90, foram selecionadas e editadas por uma especialista utilizando a ferramenta computacional Paint, de forma a obter o biofilme corado em verde (Figura 3).

### Método desenvolvido

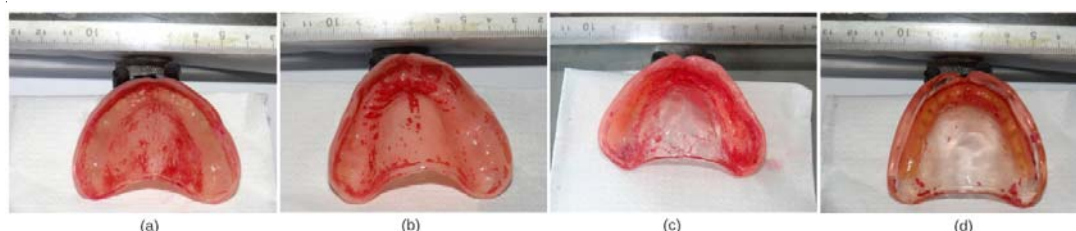
Para a segmentação e quantificação de biofilme das imagens, as próteses foram divididas em dois grupos: Transparente e Rosa. Foram desenvolvidos métodos diferentes para cada grupo, porém com o mesmo objetivo.

Tanto para a segmentação da prótese em relação ao fundo da imagem quanto para a segmentação e quantificação do biofilme, foi utilizado um pipeline de operações de segmentação por cor no modelo RGB, juntamente com operações de morfologia matemática. O método desenvolvido foi baseado em uma sequência de estruturas condicionais, formando uma árvore de decisão. Para o caso de segmentar a prótese em relação ao fundo, foi desenvolvida uma sequência em que se a cor não apresentar características de tonalidades de vermelho e rosa, então é considerada fundo e é removida da imagem. Já para o caso de segmentar o biofilme da prótese, foi desenvolvida uma sequência em que se a cor do pixel em questão não apresentar tonalidades de rosa escuro ou vermelho, características do corante utilizado

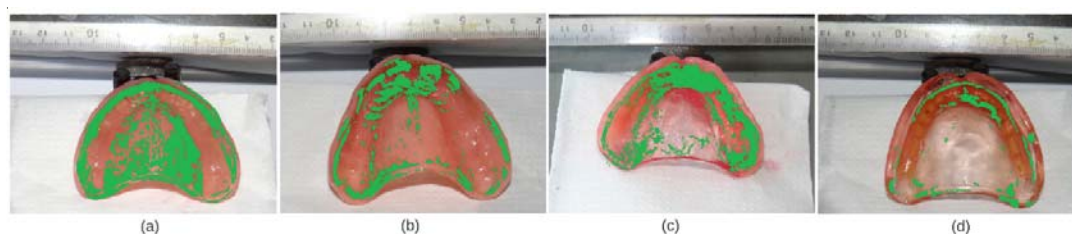
para identificar o biofilme, então aquele pixel não é contabilizado como biofilme. A sequência de operações pode ser vista na Figura 4.

No método Remover Fundo, a segmentação da prótese é feita e todo o fundo da imagem original (Figura 5(a)) é retirado (Figura 5(b)). Porém, por semelhança de cor, a sombra formada pela prótese devido a iluminação não é removida. Para que essa sombra não fosse contabilizada, foi feita a segmentação manual da sombra e calculada a média de porcentagem que a sombra representa em relação a área da prótese. Em próteses transparentes, a sombra representa 2,16% da área da prótese, com desvio padrão de 2,02, e, em próteses rosas, 5%, com desvio padrão de 1,77.

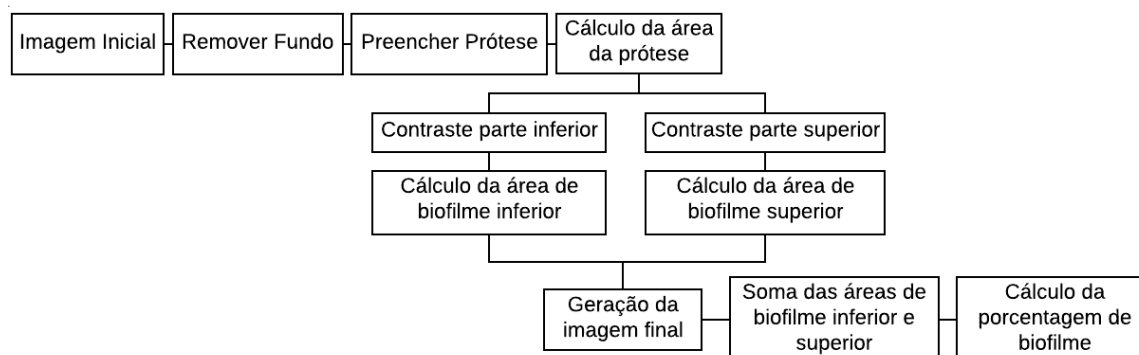
No método anterior, a prótese pode não ser segmentada corretamente devido a sombras, áreas de biofilme muito escuras ou reflexos muito claros causados pela iluminação. Além disso, em próteses transparentes, o método anterior também torna branco toda a parte transparente da prótese, por apresentar a mesma cor do fundo. Com isso, o método Preencher Prótese foi desenvolvido para que não houvesse áreas em branco na prótese e para remover outros objetos contidos na imagem que não fizessem parte da prótese. Para isso, foram utilizadas uma sequência de operações morfológicas de dilatação e erosão e a função *floodFill* disponível na



**Figura 2** – Quatro próteses utilizadas para testes. (a) e (b) próteses rosas 1 e 2, respectivamente; (c) e (d) próteses transparentes 3 e 4, respectivamente.



**Figura 3** – Próteses editadas manualmente por um especialista para marcação do biofilme na cor verde, utilizadas como imagens de referência (padrão ouro).



**Figura 4** – Sequência de operações para a obtenção do resultado final.

biblioteca OpenCV, que é uma função de preenchimento na qual o resultado é uma única região contígua. O resultado desse método é a imagem segmentada da prótese com fundo preto (Figura 5(c)).

Para calcular a área da prótese em pixels, toda a imagem é percorrida e são contabilizados apenas os pixels que não são pretos. Além disso, também é retirada da área da prótese total a porcentagem de sombra correspondente a cada tipo de prótese. O resultado é o valor da área da prótese em pixels sem a sombra.

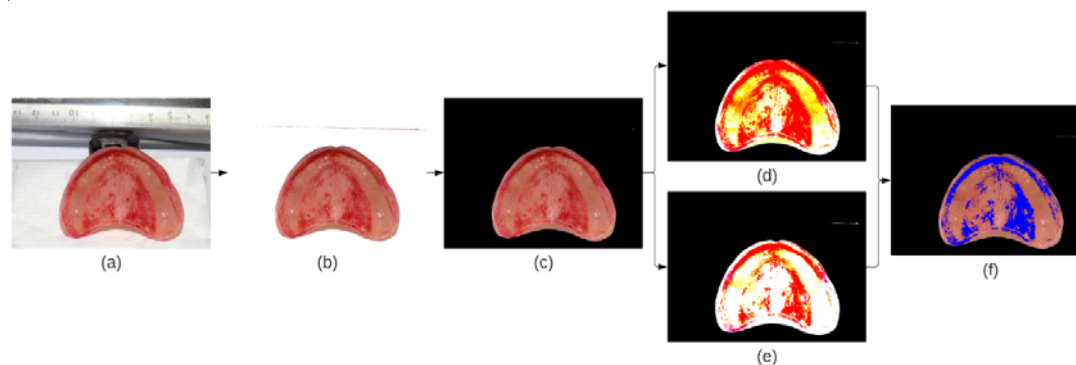
Para a segmentação e quantificação do biofilme, a área da prótese foi dividida transversalmente em duas partes, superior e inferior, pois essas duas áreas apresentam características diferentes. A parte superior de uma prótese (62,5% da imagem total) apresenta mais sombra em relação a parte inferior, e a parte inferior (37,5%) é geralmente mais clara em relação a parte superior. Ambas as partes tiveram o brilho e contraste alterados, porém com valores diferentes. Para isso, foi utilizada a função *convertTo* do OpenCV com os valores de beta igual a -800 para ambas as partes e próteses. Os valores de alpha variaram: nas próteses rosas foram utilizados os valores de 13 e 10 para as partes superior e inferior, respectivamente; para próteses transparentes, os valores utilizados foram 20 e 11,5 para as partes superior e inferior, respectivamente. Os exemplos de alteração de brilho e contraste nas partes superior e inferior podem ser vistos nas Figuras 5(d) e 5(e), respectivamente.

Com isso, o biofilme em evidência é contabilizado tanto na parte superior quanto na parte inferior e tem sua cor alterada para azul para que seja mais fácil de manipular no restante do processo, pois assim o biofilme não irá apresentar tonalidades diferentes.

Para gerar a imagem final, as imagens com as partes superior e inferior com o biofilme em azul são unidas, resultando em uma imagem da prótese segmentada, com fundo preto, e o biofilme marcado em azul (Figura 5(f)).

Após a contagem de pixels que representam biofilme nos métodos anteriores, é somado a contagem de pixels da parte superior e da parte inferior da prótese. Depois da soma, é calculada a porcentagem de biofilme em relação a área da prótese, contabilizada anteriormente (Equação 1).

$$\text{porcentagem biofilme} = \frac{\text{área biofilme} * 100}{\text{área prótese}} \quad (1)$$



**Figura 5** – Exemplo de imagens resultantes no processamento de uma imagem de prótese rosa: (a) imagem original; (b) imagem resultante do método Remover Fundo; (c) imagem resultante do método Preencher Prótese; (d) e (e) imagens resultantes após a alteração de brilho e contraste para evidenciar o biofilme; (f) imagem resultante do método proposto com o biofilme em azul.

## Medidas de avaliação

Para validar o método, foram utilizadas quatro imagens em que a área do biofilme foi demarcada por uma especialista. Para melhor comparação do resultado final obtido pelo método proposto com a imagem de referência e para o cálculo das medidas de avaliação, foi identificada em azul toda área de biofilme em comum entre ambas as imagens, denominado Verdadeiro Positivo (VP); em vermelho a área que não é biofilme, mas foi identificada como biofilme pelo método proposto, o Falso Positivo (FP); em verde a área identificada como biofilme pela imagem de referência e não identificada pelo método, denominado Falso Negativo (FN); e em branco a área que não apresenta biofilme e foi identificada corretamente pelo método, o Verdadeiro Negativo (VN). Em seguida, foram contabilizados os pixels de cada cor para o cálculo das medidas de avaliação. As medidas de avaliação calculadas foram Similaridade de Área (SIA), precisão, especificidade, sensibilidade e acurácia.

A SIA, utilizada por Wang et al.<sup>(8)</sup>, informa o quão sobrepostas as áreas das duas imagens estão. Sendo A a área de biofilme da imagem de referência e B a área de biofilme da imagem resultante do método desenvolvido, a SIA é calculada pela razão entre o dobro da intersecção das áreas A e B e a soma das áreas (Equação 2).

$$SIA = \frac{2(A \cap B)}{A + B} \quad (2)$$

A medida de precisão é a taxa de acerto dos positivos, ou seja, dos pixels de biofilme quantificados de forma correta. A especificidade é a taxa de VN, ou seja, dos pixels que não são biofilme e não foram quantificados pelo método. A medida de sensibilidade é a fração de VP, que representa a frequência com que o método quantifica corretamente os pixels que são biofilme. Já a acurácia é a divisão entre todos os pixels quantificados de forma correta e o número de todos os pixels da prótese.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

O método desenvolvido inclui uma sequência de técnicas e funções para obtenção de uma imagem com prótese segmentada e com o biofilme segmentado e quantificado. Além disso, também foi desenvolvida uma

ferramenta com interface intuitiva para que profissionais e especialistas da área odontológica consigam utilizar o método de forma eficaz.

Na figura 6, é possível verificar as imagens obtidas de comparação das 4 imagens de referência processadas pelo método. A maioria das áreas em vermelho são sombras da própria prótese que foram identificadas pelo método como biofilme por apresentarem uma tonalidade mais escura de rosa, muito semelhante às áreas de biofilme. Já a maioria das áreas em verde são áreas de biofilme em que o método não identificou por não apresentar uma coloração escura, ou seja, a tonalidade de rosa marcado pelo corante como biofilme é muito semelhante às áreas de próteses rosas que não apresentam biofilme.

Após o cálculo da porcentagem de biofilme em relação a área total da superfície interna da prótese, verificou-se que a prótese 3 (transparente) obteve o melhor resultado. O método desenvolvido calculou a área de biofilme como 37,88% da área da prótese e a imagem demarcada por uma especialista tem como biofilme uma área de 38,55% em relação a área da prótese. Ou seja, a diferença de porcentagem entre as imagens foi de apenas 0,67%.

Em relação à diferença entre próteses rosas e próteses transparentes na porcentagem de biofilme obtida, as próteses transparentes obtiveram um resultado melhor em relação a próteses rosas, ou seja, os valores de biofilme obtidos em próteses transparentes ficaram mais próximos dos valores de referência. Todos os valores de porcentagem de biofilme calculados podem ser vistos no Quadro 1.

No Quadro 2 podem ser visualizados os valores da medida de Similaridade de Área (SIA), precisão, acurácia, sensibilidade e especificidade. Na medida de SIA, a prótese que obteve melhor resultado foi a prótese 1 (rosa), com o valor de 82%. Apesar de ser a prótese com a maior diferença de porcentagem de biofilme, foi a prótese em que as áreas de biofilme mais se sobrepuseram com a área de biofilme correta. Com isso, o melhor resultado obtido foi em próteses rosas, com média de 80%, superior à média das próteses transparentes, que obtiveram um valor de 73%. A média geral de todas as próteses foi de 77%.

A média de precisão e sensibilidade das próteses rosas,

de 80% e 81% respectivamente, é maior em relação as próteses transparentes, que obtiveram resultados de 72% e 74% respectivamente. Já a média de acurácia e especificidade das próteses transparentes, que obtiveram valores de 88% e 92% respectivamente, é maior do que a média dessas medidas das próteses rosas, de 86% e 90% respectivamente.

O melhor valor de precisão obtido foi de 89%, da prótese 1. Já o melhor valor de sensibilidade foi de 85%, da prótese 2. Portanto, as próteses 1 e 2, que são próteses rosas, obtiveram os melhores resultados na identificação de áreas de biofilme. O biofilme pode ser identificado mais facilmente em próteses rosas, pois em próteses rosas o corante apresenta cores mais escuras, ou seja, um contraste maior em comparação às próteses transparentes.

As próteses 1 e 3 obtiveram o valor de acurácia de 84%, o menor resultado obtido. A prótese 3 também obteve o menor resultado de especificidade, com o valor de 88%. Como essa prótese apresenta áreas de biofilme muito claras e também bordas e sombras com cores escuras e muito semelhantes às áreas de biofilme, foi a prótese que obteve o resultado menos satisfatório em identificar corretamente áreas da prótese que não contém biofilme.

### Ferramenta

A interface da ferramenta desenvolvida pode ser vista na Figura 7. O usuário tem a possibilidade de processar apenas uma imagem ou uma pasta com várias imagens. Em seguida, o usuário deve selecionar se a imagem é de prótese rosa ou transparente, já que o processamento é diferente entre esses tipos de prótese. Por último, o usuário pode selecionar o local em que deseja salvar os resultados do processamento e da quantificação de biofilme. Os resultados gerados pela ferramenta são a imagem com a prótese segmentada, a imagem com a prótese segmentada e com o biofilme também segmentado, identificado em azul, e um arquivo no formato TXT com as informações sobre a imagem, a área total em pixel da prótese segmentada, a área total em pixel do biofilme identificado pelo método e a porcentagem de biofilme identificado na prótese.

Testes de usabilidade da ferramenta serão realizados futuramente.

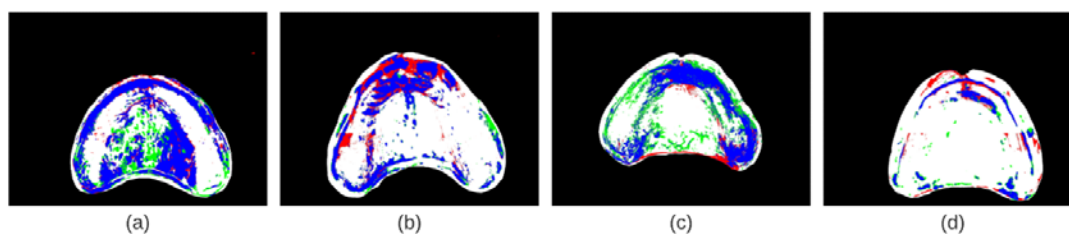


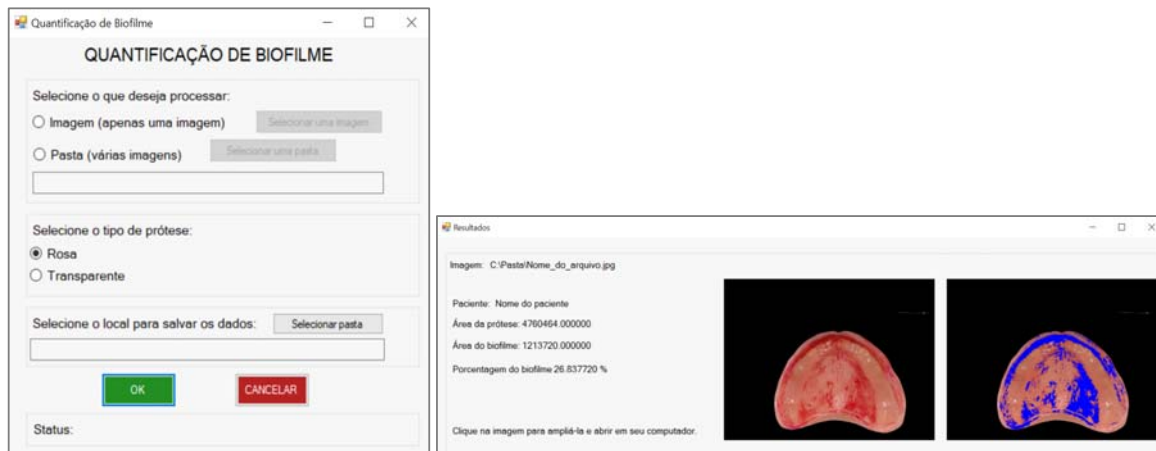
Figura 6 – Resultado da comparação entre as imagens de referência e as imagens resultantes do método.

Quadro 1 – Porcentagens de biofilme em relação a área da prótese

Prótese	% biofilme imagem de referência	% biofilme calculado pelo método	Diferença de %
1	47,78	41,27	6,51
2	24,01	28,47	4,46
3	38,55	37,88	0,67
4	10,34	11,42	1,08

**Quadro 2** – Resultado das medidas de avaliação

Tipo de prótese	Prótese	SIA	Precisão	Acurácia	Sensibilidade	Especificidade
Rosa	1	<b>0,82</b>	<b>0,89</b>	0,84	0,77	0,91
	2	0,78	0,72	0,88	<b>0,85</b>	0,89
Transparente	3	0,79	0,80	0,84	0,79	0,88
	4	0,67	0,63	<b>0,93</b>	0,70	<b>0,95</b>
<b>Média próteses rosas</b>		0,80	0,80	0,86	0,81	0,90
<b>Média próteses transparentes</b>		0,73	0,72	0,88	0,74	0,92
<b>Média total</b>		<b>0,77</b>	<b>0,76</b>	<b>0,87</b>	<b>0,78</b>	<b>0,91</b>

**Figura 7** – Interface da ferramenta desenvolvida.

## CONCLUSÃO

O método proposto foi desenvolvido com o objetivo de segmentar a área da prótese em relação ao restante da imagem, segmentar e quantificar biofilme e calcular a porcentagem de biofilme em relação a área da prótese de forma automatizada, para o auxílio da avaliação e do estudo da eficácia de protocolos de higienização e ao diagnóstico de estomatite.

Na segmentação da prótese, o método se mostrou muito eficaz em remover objetos do fundo da imagem, porém a sombra produzida devido a iluminação do local no momento da obtenção da imagem não pode ser removida por ser semelhante a área da prótese. Essa foi uma limitação do estudo e, para trabalhos futuros, a imagem original da prótese pode ser obtida em um ambiente com luz adequada e sem objetos ao redor e ao fundo.

Após os testes realizados, foi observado que, além da diferença entre as próteses rosas e transparentes, há também diferenças entre as tonalidades de rosa nas próteses rosas e, principalmente, tonalidades de vermelho do corante utilizado para identificação do biofilme. Isto é inerente ao processo de confecção das próteses e quantidade de biofilme. Portanto, outra limitação é que não há um padrão bem definido para ser seguido na segmentação e quantificação do biofilme. Apesar disso, o método apresentou resultados satisfatórios em todas as medidas de avaliação calculadas tanto para próteses rosas quanto para próteses transparentes.

As próteses rosas obtiveram as melhores médias nas medidas de Similaridade de Área, precisão e sensibilidade

(80%, 80% e 81%, respectivamente), enquanto as próteses transparentes apresentaram melhores resultados nas medidas de acurácia e especificidade (88% e 92%, respectivamente). Ou seja, o método identificou melhor áreas de biofilme em próteses rosas e áreas sem biofilme em próteses transparentes.

No cálculo da porcentagem de biofilme, o método também apresentou resultados muito satisfatórios. Os valores de porcentagem de biofilme das quatro imagens obtidos pelo método foram muito próximos aos valores de porcentagem de biofilme calculados nas imagens em que o biofilme foi marcado por uma especialista.

Portanto, concluiu-se que o método desenvolvido apresenta resultados satisfatórios na quantificação de biofilme e no cálculo da porcentagem de biofilme em relação a prótese, apesar das limitações encontradas.

Além disso, com a ferramenta é possível processar uma ou várias imagens de uma pasta sem a necessidade do usuário realizar manualmente nenhum tipo de processamento. Isso reduz o tempo da quantificação de biofilme, tornando esse processo mais fácil e eficiente para o usuário e especialista da área. Com isso, acredita-se que os estudos de avaliação de eficácia de protocolos de higienização possam ser beneficiados, pois o trabalho manual do especialista seria reduzido e a etapa de quantificação de biofilme seria feita de forma mais rápida e eficiente.

Como trabalhos futuros, outras técnicas de segmentação podem ser exploradas e outros métodos podem ser desenvolvidos para outros corantes utilizados para a identificação de biofilme.

## REFERÊNCIAS

1. Badaró MM. Avaliação clínica e laboratorial do efeito de soluções de Hipoclorito de sódio, Cloramina T e Ricinus communis sobre espécies de Candida identificadas no biofilme de próteses totais e palato de indivíduos desdentados totais. Ribeirão Preto. Tese [Doutorado em Reabilitação Oral]. Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 2017.
2. Shay K. Denture hygiene: a review and update. *J Contemp Dent Pract.* 2000 Feb 15; 1 (2): 28-41.
3. Mukherjee PK, Chandra J. Candida biofilm resistance. *Drug Resist Updates.* 2004 Aug-Oct; 7 (4-5): 301-9.
4. Melo IA, Guerra RC. Candidíase oral: um enfoque sobre a estomatite por prótese. *SALUSVITA.* 2014; 33 (3): 389-414.
5. Pelizzaro D, Polyzois G, Machado AL, Giampaolo ET, Sanita PV, Vergani, CE. Effectiveness of mechanical brushing with different denture cleansing agents in reducing in vitro Candida albicans biofilm viability. *Braz Dent J.* 2012; 23(5): 547-54.
6. Paranhos HFO, Lovato da Silva CH, Cruz PC. Methods of denture biofilm quantification: review of literature. *Rev Odontol UNESP.* 2004; 33(4): 203-10.
7. Silva-Lovato CH, Totti, AM, Paranhos HF, Totti VG. Evaluation of a computerized method for denture biofilm quantification: inter-examiner reproducibility. *J Prosthodont.* 2009; 18(4): 332-6.
8. Wang Y-Y, Sun Y-N, Lin C-CK, JU M-S. Segmentation of nerve fibers using multi-level gradient watershed and fuzzy systems. *Artificial intelligence in medicine.* 2012; 54(3): 189-200.