

MYRIAM KATHERINE ZURITA SOLÍS

Influência do fator mecânico na formação de lesões cervicais não cariosas

São Paulo

2018

MYRIAM KATHERINE ZURITA SOLÍS

Influência do fator mecânico na formação de lesões cervicais não cariosas

Versão corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em **Odontologia (Biomateriais e Biologia Oral)**, para obter o título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Yagüe Ballester

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Zurita Solís, Myriam Katherine.

Influência do fator mecânico na formação de lesões cervicais não cariosas / Myriam Katherine Zurita Solís; orientador Rafael Yagüe Ballester. -- São Paulo, 2018.

105 p. : fig., tab.; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Biomateriais e Biologia oral. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Lesões cervicais não cariosas. 2. Nitrato de prata. 3. Biomecânica. I. Ballester, Rafael Yagüe. II. Título.

Zurita Solís, MK. Influência do fator mecânico na formação de lesões cervicais não cáries. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: 14/11/2018

Banca Examinadora

Profa. Dra. Flávia Pires Rodriguez.

Instituição: Faculdade de Odontologia da UNIP.

Julgamento: aprovada.

Prof. Dr. Raúl González Lima.

Instituição: Escola Politécnica da USP.

Julgamento: aprovada.

Prof. Dr. Igor Studart Medeiros.

Instituição: Faculdade de Odontologia da USP.

Julgamento: aprovada.

À minha família:

Para Pedro, por ser o marido e pai, amoroso e, sua presença e encorajamento diário eram a razão para continuar sem desistir.

A meus filhos Pedro José, Ana Gabriela e Juan Antonio, que não olhavam para as dificuldades que a ausência materna traria, e sem qualquer egoísmo, sempre me encorajavam a continuar sem decair; com o cumprimento de suas atividades, eles me ensinaram que são pessoas treinadas com valores, fortes e exemplares, que minha ausência não desviou seus caminhos e me deixaram ainda mais orgulhosa.

À minha mãe pelas suas orações, amor e bênçãos que sempre me acompanharam.

Aos meus irmãos pelo carinho e sinceridade de sempre.

Dedico este trabalho a todos vocês que são a razão da minha vida e esforço

AGRADECIMENTOS

Neste pequeno espaço, devo expressar minha eterna gratidão a todas aquelas pessoas que fizeram a diferença em minha vida e contribuíram direta ou indiretamente para realizar este trabalho.

À USP por nos receber e nos permitir aprender todos os dias, às suas autoridades e professores que são a alma desta universidade e que magnificam seu nome com humildade e simplicidade.

A todos do departamento de Biomateriais.

Antônio, que sempre esteve lá para ajudar, nunca fez objeção e gentilmente resolveu meus eternos pedidos de ajuda. Rosita, Eli, Dona Fran, Douglas, por seu carinho, encorajamento e impulso diário. Vocês todos se tornaram uma parte importante da minha vida, e meu coração.

Paulo e Jomara, formidáveis amigos, que se tornaram minha família em São Paulo e para o resto da minha vida, minha eterna gratidão a vocês.

Analith, querida amiga, obrigada por suas mensagens diárias cheias de afeto e sabedoria, que me fizeram anular a distância e sentir o seu apoio óbvio.

Marisol, querida amiga, obrigada por todo amor, conselhos, força, e por me receber como irmã, seu apoio foi fundamental nesta fase do doutorado.

Professores: Igor, Carlos, Leonardo, PC, Victor, Fernando, Josete, André e Dalva. Por suas palavras de encorajamento e esperança que animaram o dia a dia no laboratório.

Juliana, Alice, Sabrina, amigos incondicionais, obrigada por sua companhia na estrada como estudantes e colegas, suas expressões de amor e apoio foram extraordinárias.

Pavel, Omar, Pedro, Diego, Talita, Rebeca, Gabriela, Matheus, e outros colegas de biomateriais, sua amizade, ensinamentos e os momentos compartilhados, com cada um de vocês, foram maravilhosos.

A todos os meus colegas equatorianos, companheiros de biomateriais e biologia oral e todos que na época acompanhavam essa experiência de vida, todos contribuíam para o crescimento pessoal.

Dr. Walter Turato, pelo seu tempo e generosa dedicação.

Dr. Claudio Costa, por sua gentileza sem me conhecer, o qual ofereceu ajuda incondicional.

Doutora Yoly, por sua generosidade e amizade.

Há muitas pessoas a quem devo minha gratidão, aqueles que ainda não conheço os seus nomes, mas eles me deram o seu sorriso diariamente da entrada à saída da grande Faculdade de Odontologia da USP, estendia a mão para me ajudar, por vezes, mesmo sem pedir nada por isso.

Eu me sinto abençoada e só posso agradecer a Deus, porque ele colocou tantas pessoas boas no meu caminho. Só Ele, com seu infinito amor, me cercou com cada um de vocês.

Muito obrigada a vocês!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Professor Rafael

Eu sempre soube que as palavras não são suficientes para expressar a imensa gratidão de tudo o que se aprende. Desde a infinita paciência, seu tempo valioso, longos dias de trabalho, os quais não deixam fadiga, mas, emoção dos frutos obtidos, ou das frustrações eternas em busca da perfeição, para compreender que sou mais humana do que nunca, e que sempre devo deixar tudo nas mãos de Deus. Não tenho a menor dúvida que tive sorte por ter um professor tão bom e sábio. Obrigada por seu apoio e ajuda, e por me deixar saber que sempre podia contar com você.

"Gratidão não é uma palavra, é uma atitude na vida que começa e nunca deve terminar, não porque é uma obrigação, mas um sentimento de valorização do que é recebido"

Agradeço infinitamente ao Professor Rafael!

RESUMO

Zurita Solís MK. Influência do fator mecânico na formação de lesões cervicais não cariosas [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão corrigida.

Lesões cervicais não cariosas têm etiologia multifatorial, com ênfase na ação de ácidos, abrasivos e cargas mecânicas aplicadas à distância do local da lesão, mas que concentram tensão na região cervical, que é o local da lesão. O mecanismo de ação das cargas aplicadas à distância não foi ainda elucidado. Pensou-se que seria mediado por micro fraturas que fariam se desprender fragmentos de tecido (abfração); mas isto não explicaria a formação de lesões produzidas na presença de compressão, mesmo concentrada, nem a interação sinérgica na presença de ácidos. Além disso, as fraturas nunca foram localizadas no tecido. Uma outra hipótese considera os tecidos dentários como esponjas rígidas, deformáveis, capazes de expelir a sua própria água quando comprimidos ou absorver fluidos circundantes quando traçados. Quando a carga fosse removida e o tecido recuperasse sua forma original, o fluido faria o caminho inverso. Assim, a ciclagem mecânica forçaria a circulação de fluidos circundantes no tecido e, se fossem ácidos, facilitaria a dissolução do tecido, tanto sob tração quanto sob compressão. A proposta do estudo foi avaliar a penetração de fluido traçador (nitrato de prata a 10 %) no esmalte de espécimes submetidos ou não a cargas cíclicas excêntricas que provocam compressão ou tração. Os espécimes foram construídos a partir de incisivos bovinos, cortados em paralelepípedos de 3x3x8,2 mm, com entalhe na dentina para formar um pescoço de 2x2 mm de seção transversal. Os espécimes, exceto uma faixa central do esmalte vestibular de 1,5x5 mm foram protegidos da penetração do traçador com verniz. Foram aplicados 1.200 ciclos mecânicos de carga excêntrica para produzir tensões de tração ou compressão no esmalte, com 5 s de carga de 40 N e 25 s sem carga. Um grupo controle não recebeu nem carga nem exposição ao traçador; outro controle recebeu apenas exposição ao traçador, sem carga; outros dois grupos controles receberam carga (de tração ou compressão) enquanto imersos em água e, imediatamente depois, foram expostos ao traçador durante 600 min. Os dois grupos teste foram expostos simultaneamente aos ciclos de carga (de tração ou de

compressão) e ao traçador. A prata do traçador foi precipitada por exposição a fixador radiográfico e, posteriormente, à luz de fotopolimerizador (5 min). Para localizar o traçador os espécimes foram micro tomografados, radiografados e, posteriormente, foram cortados longitudinalmente para obter uma fatia central de 1 mm de espessura para avaliação em lupa, com luz refletida ou transmitida. A micro tomografia foi ineficaz devido aos artefatos formados. As radiografias marcaram apenas as regiões de maior concentração do traçador. A avaliação dos cortes em lupa binocular permitiu concluir que existem variações de padrão de coloração natural do esmalte de incisivos bovinos, que todos os espécimes expostos ao traçador, independentemente do grupo experimental, apresentaram alguma infiltração, pelo menos numa camada fina e uniforme da superfície exposta. Além da fina camada marcada, existe variação de padrões de penetração do traçador, mesmo entre os que receberam um mesmo tratamento experimental, o que pode ser devido a variações inevitáveis no histórico de cada dente. Isto, apesar de se tornar um inconveniente para identificar um possível efeito de bombeamento, poderia ser identificado também como um indicador de que podem existir diferenças na velocidade e profundidade de penetração no esmalte de outras moléculas como, por exemplo, as dos ácidos. Em resumo, o corante traçador penetrou no esmalte dos espécimes de incisivos bovinos sem diferenças claras de padrão de penetração entre os diferentes grupos e pode ser um método eficaz para comprovar a hipótese de circulação forçada, mas exigirá novos estudos.

Palavras-chave: Lesões cervicais não cariosas. Nitrato de prata. Biomecânica. Tensão de compressão. Tensão de tração. Carga excêntrica. Corante traçador

ABSTRACT

Zurita Solís MK. Influence of the mechanical factor on the formation of non-cariou cervical lesions [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Corrected version.

Non-cariou cervical lesions have a multifactorial aetiology, with emphasis on the action of acids, abrasives and mechanical loads applied at a distance from the site of the lesion, which concentrates tension at the lesion site. The mechanism of action of loads applied at a distance has not yet been elucidated. It was thought that it would be mediated by microfractures that would cause fragments of tissue (abfração) to be released, but this would not explain the formation of lesions produced in the presence of compression, even concentrated, nor the synergistic interaction in the presence of acids. Also, no fractures were located in the tissue. Another hypothesis considers dental tissues as rigid, deformable sponges capable of expelling their water when compressed or absorbing surrounding fluids under traction. When the load was removed, and the tissue regained its original shape, the fluid would do the reverse way. Thus, mechanical cycling would force the circulation of surrounding fluids into the tissue and, if they were acidic, would facilitate dissolution of the tissue, both under traction and under compression. The study aimed to evaluate the penetration of tracer fluid (10% silver nitrate) in the enamel of specimens subjected or not to eccentric cyclic loads that cause compression or traction. The specimens were constructed from bovine incisors, cut in parallelepipeds of 3x3x8.2 mm, with a notch in dentin to form a neck of 2x2 mm cross-section. The specimens, except a central vestibular enamel strip of 1.5x5 mm, were protected from penetration of the tracer with varnish. 1,200 eccentric load mechanical cycles were applied to produce tension or compression in the enamel, with 5 s of 40 N load and 25 s without load. A control group received neither load nor exposure to the tracer; another control received only exposure to the tracer, without load; two other control groups received loading (tensile or compression) while immersed in water and immediately exposed to the tracer for 600 min. The two test groups were exposed simultaneously to the load (traction or compression) cycles and the tracer. The silver from the tracer was precipitated by exposure to a radiographic fixer and, subsequently, by the light of a curing light source (5 min). To

locate the tracer the specimens were micro-scanned, radiographed and later cut longitudinally to obtain a central slice of 1 mm thickness for evaluation in a magnifying glass, light reflected or transmitted. Microtomography was ineffective due to artefacts formed. The radiographs marked only the regions with the highest concentration of the tracer. The evaluation with stereo microscopy allowed to conclude that there are variations in the natural staining pattern of bovine incisor enamel; that all the specimens exposed to the tracer, independently of the experimental group, showed some infiltration, at least in a thin and uniform layer of the exposed surface. In addition to the thin layer marked, there is a variation of tracer penetration patterns, even among those who received the same experimental treatment, which may be due to inevitable variations in the history of each tooth. This fact, although an inconvenience to identify a possible pumping effect, could also be identified as an indicator that there may be differences in the speed and depth of enamel penetration of other molecules, such as those of acids. In summary, tracer dye penetrated the enamel of bovine incisor specimens without clear differences in penetration pattern between the different groups and may be an effective method to prove the hypothesis of forced circulation, but will require further studies.

Keywords: Non-carious cervical lesions. Silver nitrate. Biomechanics. Compressive stress. Tensile stress. Eccentric loading. Tracer dye.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 — Ilustração que explicou o mecanismo de produção das lesões por microfraturas a partir de cargas excêntricas (24).....	39
Figura 2.2 — Formas básicas de LCNC: A — em forma de cunha; B — de pires ou prato; C — misto.....	41
Figura 4.1 — Geometria e dimensões do palito	50
Figura 4.2 — Resultados dos modelos de elementos finitos. A deformação ampliada evidencia a flexão provocada pelo carregamento das peças (representado pela seta vermelha). O mapa de cores ilustra as regiões de concentração de tensões ao aplicar a carga	51
Figura 4.3 — Desenho experimental.....	53
Figura 4.4 — Exemplo de dente selecionado.....	53
Figura 4.5 — Cortadora programável Isomet 5000	54
Figura 4.6 — Fixador e posicionador dos incisivos para o corte	55
Figura 4.7 — Dispositivo para conferir o alinhamento conseguido entre o dente e o disco de corte. No destaque, observa-se o dente marcado com lápis e as duas pontas das lâminas apoiadas simultaneamente na superfície. O conjunto pode deslizar, guiado pelo disco, e permite verificar se as pontas contatam simultaneamente a superfície em todo o percurso do corte. A posição do dente é corrigida até conseguir um bom resultado.....	55
Tabela 4.1 — Parâmetros de programação da cortadora Isomet 5000 para obter as barras iniciais.....	56
Figura 4.8 — A: Resultado final da primera etapa de corte, com a barra unida à raiz. B: Segundo corte, para separação da barra	56
Figura 4.9 — A: régua transparente para localizar o melhor local e marcar o esmalte a 1 mm da junção amelodentinária. B: palito encaixado no sulco do suporte para planificação da superfície vestibular por lixamento de excessos. C: Lixamento automático	58

- Figura 4.10 — Acessório para fixação do palito durante o corte de ajuste do comprimento a 8,2 mm..... 59
- Tabela 4.2 — Dados de programação da Isomet 5000 para corte das extremidades das barras e formar os palitos com 8,2 mm de comprimento..... 59
- Figura 4.11 — Dispositivo para confecção dos entalhes nos palitos. As setas com duas pontas estão colocadas sobre os eixos que dão liberdade de movimento ao carrinho e ao suporte do palito 60
- Figura 4.12 — Desgaste do excesso de dentina. A — Palitos colocados nas ranhuras do acessório metálico. B — Politriz com lixa de diamante 61
- Figura 4.13 — Lixa para arredondar ângulos; pastas de diamante e roda de feltro utilizada para o polimento da superfície vestibular do esmalte dos palitos, à direita 62
- Figura 4.14 — Acessório para fixar em local preciso o rolete. O desenho do lado esquerdo define o objetivo. A fotografia mostra o rolete em posição no guia, antes de ser colado 63
- Figura 4.15 — Sequência de passos para fixar o palito na base acrílica. A: palito, já com rolete, posicionado no acessório e empurrado contra a parede guia por uma mola; B: Adaptação da base; C: colocação de um pouco de resina flow no rebaixamento cilíndrico; D: fotoativador preparado para fixar inicialmente o palito na base; E: completando o preenchimento do rebaixamento cilíndrico; F: fotoativação final abundante..... 64
- Figura 4.16 — Espécimes envernizados 66
- Figura 4.17 — Espécimes nos copos, recebendo a ciclagem mecânica 67
- Figura 4.18 — Acondicionamento dos espécimes em placas de ELISA. A — Vista lateral dos dois conjuntos: cada espécime ocupou um poço da placa. B — vista das bases dos palitos com a identificação 68
- Figura 4.19 — Dispositivo para corte da fatia central dos palitos. A — Vista geral. B — Detalhe do suporte em que o palito era posicionado e colado com cola de cianoacrilato..... 70
- Figura 4.20 — A: as três lâminas cortadas do palito #31, montadas em lâmina de vidro para microscopia óptica: a lamínula foi colada com cola de silicone e o

espaço entre a lâmina lamínula de vidro preenchido com glicerina.
 B — Imagem da lâmina central do palito #31 obtida com luz refletida.
 C — Imagem da lâmina central do palito #31 obtida com luz transmitida
71

Figura 5.1 — Fotografias de lâminas longitudinais da região central de espécimes dos cinco grupos expostos ao nitrato, ensaiados no estudo piloto. As setas amarelas apontam para regiões sem penetração de nitrato; as vermelhas para regiões de penetração elevada e a seta verde para penetração leve. O espécime submetido a compressão fraturou depois do teste, durante a remoção do suporte em que estava encaixado74

Figura 5.2 — Espécimes cortados com 11,2 mm de comprimento. As linhas pontilhadas evidenciam a dificuldade em conseguir peças sem uma parte da vestibular curvada.....74

Figura 5.3 — Imagens produzidas pelo programa InVesalius 3.1.1 a partir da micro tomografia de um dos lotes de espécimes, acondicionados como mostra a Figura 4.18 (página 66). As setas apontam para artefatos produzidos pelo processamento dos dados digitais: as amarelas mostram região com radiopacidade compatível com plástico em local ocupado pelo ar dos entalhes; as vermelhas apontam para o que seria uma descontinuidade no plástico da parede dos poços da placa de ELISA. As linhas retas cruzam em um ponto com radiopacidade inconsistente com o tecido dentário daquela região do palito.....75

Figura 5.4 — Imagens tomográficas do espécime #14 (grupo sem carga e sem contato com nitrato) e superfície do volume formado pelos vóxeis com valor de unidades Hounsfield entre 800 e 4215. A — Antes de remover o rolete metálico e o verniz. B — depois de removido o rolete metálico e o verniz. As setas vermelhas apontam uma região de artefato com maior radiolucidez; as setas amarelas regiões de artefato com maior radiopacidade que a que corresponderia ao ar da região.....76

Figura 5.5 — Imagens do espécime #30 destacando em azul o conjunto de vóxeis com valor de unidades Hounsfield entre 1500 e 1999. As setas vermelhas apontam artefatos radiolúcidos. A — Inicial. B — Após aplicação de ciclos mecânicos e exposição ao traçador. C — Após a remoção de rolete e verniz77

Figura 5.6 — Palitos da série submetida a tração no traçador. A: disposição dos palitos ao ser radiografados. B — radiografias obtidas79

Figura 5.7 — Radiografias colorizadas automaticamente e fotografia do palito #33, ampliadas da Figura 5.6. As setas apontam para um resíduo de resina

que ajudou a manter o rolete em posição. As elipses circundam manchas do traçador	79
Figura 5.8 — Fatias de 1 mm radiografadas e fotografadas em lupa. Espécime submetido à tração. Os destaques estabelecem correspondências entre os dois tipos de imagens	80
Figura 5.9 — Fotografias de todas as fatias centrais, de 1 mm. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 47.....	81
Figura 5.10 — Fotografias das fatias centrais do grupo 1. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 47	82
Figura 5.11 — Fotografias das fatias centrais do grupo 2. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 47	83
Figura 5.12 — Fotografias das fatias centrais do grupo 3. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 47	84
Figura 5.13 — Fotografias das fatias centrais do grupo 4. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 47	85
Figura 5.14 — Fotografias das fatias centrais do grupo 5. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 47	86
Figura 5.15 — Fotografias das fatias centrais do grupo 6. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 47	87
Figura 5.16 — Configuração do experimento do pesquisador que descreveu o esmalte como esponja rígida (38)	92

- Figura 5.17 — Espécime 14 do piloto, ensaiado sob tração em nitrato. Notar que o rolete foi fixado em um canal desgastado. As linhas terminadas em setas indicam pontos correspondentes entre a radiografia e a fotografia94
- Figura 5.18 — Lâminas do espécime 32 do piloto, ensaiado sob tração em nitrato .94
- Figura 5.19 — Imagem da lâmina 17 do piloto, ensaiado sob tração em nitrato.....95
- Figura 5.20 — Espécime T4 do piloto. Ensaiado sob tração em nitrato, soltou-se do encaixe durante a ciclagem e tombou. Perdeu a proteção de verniz e a dentina ficou muito impregnada. Durante a fase do corte e preparo da lâmina começou a estufar e soltar fragmentos95
- Figura 5.21 — Imagens do espécime 38 obtidas por radiografia, lupa e microtomografia.....96

LISTA DE TABELAS

- Tabela 4.1 — Parâmetros de programação da cortadora Isomet 5000 para obter as barras iniciais56
- Tabela 4.2 — Dados de programação da Isomet 5000 para corte das extremidades das barras e formar os palitos com 8,2 mm de comprimento59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEUA	Comitê de ética no uso de animais
FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
kV	Kilovolt
LCNC	Lesão cervical não cariiosa
LNC	Lesão não cariiosa
mA	Miliampere
MAE	Margem aguda do esmalte
MDP	10-methacryloyloxy decyl dihydrogenphosphate
pH	Potencial hidrogeniônico – medida do grau de acidez
PVC	Polyvinyl chloride
UEC	União esmalte – cimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	REVISÃO DA LITERATURA	31
2.1	PREVALÊNCIA DAS LCNC.....	31
2.2	ESTUDOS RELATIVOS AO FATOR OCLUSÃO.....	33
2.3	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS FATORES ETIOLÓGICOS	34
2.4	PIEZOELETRICIDADE E LESÕES CERVICAIS NÃO CARIOSAS.....	36
2.5	EVIDÊNCIAS A FAVOR E CONTRA A INFLUÊNCIA DO FATOR MECÂNICO	38
2.6	MECANISMO DE AÇÃO DO FATOR MECÂNICO.....	39
2.7	SURGIMENTO DO CONCEITO DE “ABFRAÇÃO” E SUA EVOLUÇÃO NO TEMPO	41
2.8	A CONTROVÉRSIA AO REDOR DO TERMO “ABFRAÇÃO”	42
2.8.1	A procura por evidências de fraturas causadoras das LCNC	43
2.8.2	Outras explicações para o mecanismo ação do fator mecânico	44
3	PROPOSIÇÃO	47
4	MATERIAL E MÉTODOS	49
4.1	ESTUDO PILOTO.....	49
4.2	DESENHO DO EXPERIMENTO.....	49
4.3	CONFECÇÃO DOS ESPÉCIMES	53
4.3.1	Seleção dos dentes	53
4.3.2	Obtenção das barras	54
4.3.3	Ajuste da espessura do esmalte, aplainamento e polimento	57
4.3.4	Ajuste do comprimento	58
4.3.5	Confecção do entalhe	59
4.3.6	Acabamento dos palitos	61
4.3.7	Colocação do rolete metálico	62
4.3.8	Fixação do palito na base de acrílico	63
4.3.9	Envernizado e identificação	65
4.4	SOLUÇÃO TRAÇADORA.....	66
4.5	APLICAÇÃO DE CARGA CÍCLICA	67
4.6	PRECIPITAÇÃO DA PRATA DO TRAÇADOR	67

4.7	AVALIAÇÃO DA PENETRAÇÃO DO TRAÇADOR.....	68
4.7.1	Micro tomografia computadorizada.....	68
4.7.2	Radiografia	69
4.7.3	Visualização em cortes de 1 mm	69
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.1	ESTUDO PILOTO	73
5.2	MICRO TOMOGRAFÍAS.....	75
5.3	RADIOGRAFIAS.....	78
5.3.1	Radiografias de palitos.....	78
5.3.2	Radiografias de lâminas de 1 mm de espessura.....	80
5.4	AVALIAÇÃO POR LUPA EM CORTES.....	81
5.5	OUTRAS COMPARAÇÕES ENTRE MÉTODOS DE DETECÇÃO	93
6	CONCLUSÕES	97
	REFERÊNCIAS.....	99
	ANEXO A.....	105

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos existe um decréscimo na prevalência de cárie na população mundial. Simultaneamente, observa-se um incremento na incidência de lesões não cariosas (LNC), que produzem uma perda lenta, silenciosa e irreversível de tecidos dentários (1, 2), sem que o paciente perceba o problema até que o tamanho da lesão tenha ficado grande.

A diminuição de cáries poderia ser explicada pela prática de políticas de saúde com ênfase no uso de flúor e pela melhora no acesso da população ao tratamento dentário. Por outro lado, uma série de fatores foram responsabilizados pelo aumento das LNC (3):

- 1) Atualmente os dentes permanecem em boca por muito mais tempo. Existem dois motivos para isto: a diminuição das perdas de dentes por cárie e o aumento da média de idade da população mundial. Com isto, os dentes ficam expostos durante mais tempo às condições que geram LNC, que então se tornam mais frequentes (4, 5).
- 2) Fatores comportamentais dos indivíduos na vida moderna:
 - a) Destaque especial cabe à ampliação da frequência do hábito da escovação com o uso de dentífrico, que potencializaria a abrasão. Os desgastes dentais cervicais foram atribuídos, desde muito antigamente, aos abrasivos em pó recomendados para escovação (6). Sabe-se que os dentes de indivíduos que escovam duas ou três vezes por dia apresentaram o dobro do risco de desenvolver abfrações que os indivíduos que escovavam apenas uma vez por dia (7).
 - b) O conceito do que hoje se considera como necessário para levar uma "vida saudável" mudou. Com isto, aumentou o consumo de produtos naturais como frutas ácidas, antioxidantes, produtos manufaturados como isotônicos, etc. (1), que também podem contribuir com a formação da LNC.
 - c) O maior nível de ansiedade presente nas sociedades urbanas reflete em hábitos parafuncionais como apertamento e rangimento, que aumenta muito, tanto o atrito como a intensidade, frequência e tempo total em que os dentes são submetidos a tensão mecânica. Tanto a tensão como o atrito têm sido apontados como agentes etiológico das LNC

d) Doenças como a bulimia e a anorexia, desordens alimentares caracterizadas pela ingestão restrita de alimentos (anorexia) ou ingestão compulsiva e exagerada, seguida por sentimentos de culpabilidade, que desemboca em vômitos provocados pelo próprio paciente (bulimia). A repetição desses eventos leva o suco gástrico à cavidade oral que, com um pH baixíssimo e enzimas proteolíticas, desmineraliza os tecidos duros dos dentes e dissolve eventual colágeno dentinário exposto. Isto, além de inviabilizar a remineralização, facilita a ação do ácido em profundidade e tem como consequência a erosão dental acelerada e generalizada (8), que é uma variedade de LNC.

Um tipo particular de lesão não cariosa é a lesão cervical não cariosa (LCNC), que consiste em uma perda lenta e irreversível de substância dental a partir da superfície externa, sem participação evidente de biofilme, na região próxima à união cimento-esmalte.

Atualmente aceita-se que a etiologia das lesões cervicais não cariosas seja multifatorial, e existe um grande interesse em desvendar o seu mecanismo de formação porque, ao conhecer como cada agente etiológico contribui e interage em cada etapa do processo da lesão instalada, será possível encontrar modos efetivos de brevar o processo e prevenir lesões futuras. Pensa-se também que, quando mais de um dos agentes etiológicos atua simultaneamente ou em sequência, dependendo da ordem de atuação, o efeito pode ser mais intenso que o simples somatório de efeitos individuais (efeito sinérgico), de maneira que a severidade das lesões seria maior, ou seu progresso mais rápido, quando concorressem vários mecanismos. Seria o caso, por exemplo, da ação da abrasão aplicada a uma superfície previamente ou concomitantemente amolecida pela erosão ácida. Três mecanismos são normalmente responsabilizados pelas lesões cervicais não cariosas:

- 1) Desgaste por abrasão mecânica. Por exemplo, pela escovação associada a dentífrícios.
- 2) Dissolução causada por ácidos de qualquer proveniência, interna ou externa como, por exemplo, a dieta ou estômago.
- 3) Tensão na região cervical, quando originada por forças aplicadas a distância, nas superfícies oclusais, durante a mastigação ou o exercício de hábitos parafuncionais.

Enquanto que o mecanismo dos agentes etiológicos por desgaste ou dissolução parece óbvio, não ocorre o mesmo com a tensão; isto porque:

- a) Seria necessário que atuasse provocando fraturas localizadas, que permitissem o desprendimento de pequenas porções de tecido dentário, coisa que não foi ainda comprovada.
- b) Além disso, não se explica como ocorreriam as fraturas e lesões que se formam em regiões submetidas à compressão, já que em dentina e esmalte são muito mais resistentes à compressão que à tração. Portanto, não parece razoável admitir que, clinicamente, seja excedida a tensão de ruptura por compressão em lugares de concentração distantes do ponto de aplicação da força, como são as regiões cervicais. Seria necessário explicar antes como é que a tensão concentrada no ponto de aplicação de carga oclusal não provocou ali, na face oclusal, o maior dano por fratura. Não se deve esquecer que a tensão concentra muito mais na oclusal que na cervical, já que, no ponto de contato oclusal, a área pode chegar a ser muito menor que o que se pode conseguir numa região de concentração na cervical.
- c) Também não fica claro como interage a tensão com a presença de ácidos ou com os agentes abrasivos, que podem estar concomitantemente presentes ou em momentos próximos.

O presente estudo realizou um experimento para colaborar com o esclarecimento do mecanismo de interação entre a tensão cíclica concentrada e a ação de ácidos sobre o esmalte para produzir desgaste semelhante aos das lesões cervicais não cariosas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PREVALÊNCIA DAS LCNC

Os dados de prevalência da LCNC variam muito. Isto atribui-se a que não se referem a estudos epidemiológicos extensos, mas a pequenos grupos de diferentes tamanhos, idades, países, costumes, etc. Ainda assim, normalmente os autores coincidem em dizer que a prevalência parece estar em aumento.

Na revisão sistemática realizada em São Paulo, na Faculdade de Piracicaba, concluíram que existe uma grande amplitude na idade de prevalência devido a que os estudos são realizados com variedade de classificações, e diversos critérios diagnósticos (9).

Uma revisão sobre lesões cervicais não cariosas que levantou 15 dados de prevalência (10) afirma que a maioria destes estudos não são bons indicadores para determinar a prevalência geral de lesões cervicais não cariosas. A média geral ponderada de prevalência neste conjunto de dados é 19,2%, com um máximo de 85% e o mínimo de 5%.

Estes estudos afirmam que os desgastes cervicais envolvem comumente perda de esmalte, e que a exibição de dentina é menos frequente, com faixas entre 2 e 6%. Entre os poucos estudos que mostram a prevalência do desgaste cervical, parece ser também que são os dentes maxilares os que estão mais frequentemente afetados, provavelmente por causa da inclinação lingual que eles apresentam (10).

Estudos mais recentes, de 2005, determinaram uma prevalência de 17,23% de lesões cervicais numa amostra de 70 indivíduos, de idades compreendidas entre 25 e 45 anos (11).

Em alguns estudos sobre fatores de risco, a taxa de prevalência de erosão dental em 106 casos de pacientes de dentistas em Helsinki, encontraram uma prevalência de 5% (estudo de caso e controle). Apenas as superfícies vestibulares e oclusais foram examinadas, com diferentes critérios de diagnóstico (12).

Num estudo na Suíça, para determinar a frequência e a severidade da erosão em população adulta, examinaram 391 indivíduos em suas próprias residências. Trabalharam em dois grupos: de 26 a 30 e de 46 a 50 anos. O primeiro grupo com

7,7% de LCNC nas faces vestibulares e 29,9% apresentaram desgaste oclusal no esmalte dental. No segundo grupo, com 13,2% em cervical vestibular dos dentes e 42% de desgaste no esmalte dentário na oclusal (13).

Quanto à face mais afetada, observa-se que as vestibulares são mais afetadas, e que raramente a lingual dos dentes é atingida (14).

Quanto aos grupos de dentes mais afetados, as lesões cervicais não cariosas afetam mais os pré-molares e molares enquanto que os incisivos são menos afetados: num estudo na população de Rikeja, na Croácia, analisaram 1855 dentes permanentes e encontraram que o desgaste do esmalte dentário ocorreu em 60 a 70%, enquanto que a exposição da dentina foi de 0,6 a 5,6% (15).

Um outro estudo que analisou as evidências em favor de cada um dos três fatores etiológicos das lesões cervicais não cariosas (erosão, abrasão e flexão do dente) levantou dados de prevalência das lesões em diversos autores. As porcentagens levantadas variam muito com a idade dos grupos e entre os pesquisadores, mas todos coincidem em ter encontrado um aumento da prevalência com o aumento da idade (10).

Numa amostra aleatória de 10 mil dentes extraídos na Universidade da Califórnia, 1700 (18%) mostraram lesões compatíveis com erosão e 500 foram relacionados com outras condições como cálculos ou restaurações dentárias. Além do mais observaram que o grau de destruição em alguns casos é maior que a destruição dos materiais restauradores presentes e adjacentes ao defeito (16). Os materiais dentários plásticos ou ligas metálicas podem resistir melhor à dissolução química que teriam os tecidos duros do dente.

Num estudo foi comparada a presença de lesões cervicais não cariosas em diferentes locais: em 527 pacientes que acudiram a duas prestigiosas faculdades 272 pacientes foram examinados na universidade de Los Angeles e 255 na universidade de Boston, com idades compreendidas entre 14 e 80 anos; 25% dos dentes examinados apresentou lesões cervicais. Além do mais encontraram-se diferenças tais como menor e moderadas erosões nos dentes dos pacientes de Los Angeles e grupos de severa erosão e de não erosão Boston. No entanto, não se conseguiu determinar as causas destas diferenças de prevalência (17). É importante ressaltar que as erosões foram classificadas como menores, moderadas e severas, mudando assim os critérios diagnósticos entre autores. As investigadoras notaram a frequência de erosões relacionada com a de outras condições ou patologias como restaurações,

cáries, coroas e erosões que se estendem em profundidade abaixo do nível da gengiva. Adicionalmente, compararam a forma das lesões com pratos cunhas e sulcos.

2.2 ESTUDOS RELATIVOS AO FATOR OCLUSÃO

Uma das possíveis causas para que se desenvolvam as lesões cervicais em pacientes é o bruxismo, como fonte provável de estresse oclusal. Num estudo que incluiu 15 pacientes bruxômanos e 15 não bruxômanos reportou que 87% dos bruxômanos apresentaram uma ou mais erosões cervicais enquanto que apenas o 20% dos não bruxômanos desenvolveram lesões cervicais (18).

Num outro estudo com 132 voluntários, homens e mulheres, com idade média de 26,6 anos analisaram-se a localização das lesões cervicais não cariosas, linhas de fratura, fraturas e localização das fraturas, recessão gengival, restaurações e a sua localização, presença de desgastes, tipo de oclusão, guias de movimentos mandibulares, interferências oclusais e pontos prematuros de contato. Concluiu-se que existe uma forte relação entre a presença de lesões cervicais não cariosas e o carregamento oclusal (19).

Num estudo realizado com estudantes do primeiro ano da Faculdade de Odontologia de Bauru para verificar se existe relação entre a prevalência de lesões cervicais não cariosas e facetas de desgaste, foram analisados 1131 dentes. Encontraram que, inicialmente, apenas 129 tinham lesões cervicais não cariosas. Dos 40 estudantes participantes 29 apresentaram pelo menos um dente com lesão cervical não cariosa. Depois de 3 anos observaram que 86,8% de todos os dentes apresentaram novas lesões associadas a facetas de desgaste que foram identificadas durante o primeiro exame, realizado três anos antes. Consideraram estatisticamente significante e concluíram que existe uma relação entre o padrão de facetas de desgaste e o incremento no aparecimento de lesões cervicais não cariosas (20).

Num estudo que avaliou 250 pacientes com desgastes dentais foram localizados 122 com lesões cervicais não cariosas. Encontrou-se 96% de associação entre a patologia oclusal e a cervical (14).

2.3 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS FATORES ETIOLÓGICOS

A identificação dos fatores etiológicos das LCNC evoluiu ao longo do tempo. Já em 1894 foram descritos “defeitos angulares” característicos das faces vestibulares de dentes anteriores “com uma aparência característica de fratura triangular resultante da flexão (Apud 21).

Um dos primeiros estudos sobre lesões cervicais associou a perda de substância dental com fatores químicos e mecânicos, designando-os como erosão, abrasão, abrasão química, denudação, defeitos em cunha (para se referir ao termo “defeito angular”, usado anteriormente por autores alemães) e hipoplasia (6).

Em 1908, aquele que pode ser considerado como o pai da odontologia moderna, Black, escreveu um extenso livro (22), no qual abordava o que hoje conhecemos como lesões cervicais não cáries, denominando-as “erosões”. Talvez tenha sido por isso que esta denominação atravessou o século, e ainda se encontra muitos dentistas que a utilizam. Evidentemente, a confusão de termos complica um pouco a comunicação. A primeira confusão refere-se a que o termo erosão, quando usado em outras ciências refere-se ao desgaste provocado pela ação mecânica de um fluido em movimento (por exemplo, a água que remove o material na curva de um rio). Apesar disto, Black relaciona oito mecanismos possíveis para produzir as erosões, sem mencionar sequer a possibilidade de desgastes por fluidos em movimento, mas referindo-se várias vezes à corrosão ou dissolução provocada por ácido:

- Falhas na formação dos dentes
- Atrito pelo pó para escovação dental.
- Ação de ácidos desconhecidos.
- Secreção de glândulas salivares doentes.
- Reabsorção fisiológica, como ocorre com os dentes decíduos.
- Ácidos relacionados com a predisposição à gota.
- Ação de fluidos alcalinos ou sais de cálcio
- Ação de enzimas liberadas por microrganismos.

No entanto, o próprio Black afirmou que "nossa informação a respeito da erosão está longe de ser completa, e haverá de passar muito tempo para termos resultados satisfatórios". Sua previsão, como pode ser notado, não esteve longe da verdade, pois

até hoje não se conseguiu desvendar completamente e com certeza a etiologia das lesões cervicais não cariosas.

Seguindo adiante no tempo, embora se continue reconhecendo o papel da abrasão, aparece implicitamente a observação de que as lesões podem estar relacionadas com as regiões de concentração de tensões. Afirma-se que, com a introdução da escova dental, melhorou a saúde periodontal das pessoas, que ganharam em suporte periodontal. Isto permite que o dente resista mais às forças do bruxismo, criando zonas de desgaste nas regiões de flexão. Assim, propõe-se que o bruxismo, e a flexão que induz nos dentes, seriam a causa primária das lesões (23).

Em 1984 foi lançada a hipótese que afirma que o fator etiológico primário em erosão cervical é a tensão causada pela mastigação e a má oclusão, enquanto que o meio local teria um papel secundário na remoção da estrutura dental para criar as lesões cervicais (24).

Mais adiante, afirmou-se que as cargas biomecânicas exercidas diretamente sobre a oclusal do dente causam o seu enfraquecimento por micro fraturas na cervical, produziram uma perda de substância do dente, que foi chamada de "abfração" (25), sugerindo que esta é a causa de todas as lesões cervicais não cariosas que, por este motivo, começaram a ser chamadas indiscriminadamente de "abfrações".

Numa curta revisão da literatura publicada em 1995 (21) o autor resume seu trabalho afirmando que a etiologia das lesões angulares está relacionada com o estresse oclusal como componente crítico de uma série de fatores. Destaca que o assunto é controverso, tanto entre clínicos como entre pesquisadores. Elenca como fatores predisponentes das lesões na região cervical a constituição micro morfológica, vulnerável a atividades físicas e químicas. Reconhece também os estudos mecânicos que apontam como causa as forças exercidas sobre o dente em direções erradas; a presença de ácidos também facilitaria a corrosão por estresse e chega a afirmar que a abfração seria o nome dado à esta degradação físico-química.

Em 1996 um artigo abordou a definição das então chamadas "erosões" ou "desgastes dentários", que abrangiam todos os tipos de destruição do tecido dentário que não tivessem origem cariosa: abrasão (desgaste por atrito com objetos estranhos ao organismo), "demastigação" (quando o bolo alimentar interposto provoca o desgaste), atrição (desgaste por atrito entre dentes), abfração (defeitos cervicais em cunha provocados por forças oclusais excêntricas), reabsorção (degradação fisiológica de partes anteriormente formadas pelo próprio corpo), erosão (destruição

por processos químicos ou eletrolíticos). Na realidade notamos que o autor se refere a possíveis mecanismos de perda de substância dentária, já que insiste em que os desgastes têm, ordinariamente, etiologia multifatorial (26).

O próprio autor que cunhou o termo abfração foi redefinindo o seu significado ao longo do tempo. Em 2004 explicou que era “a perda micro estrutural de substância do dente em regiões de concentração de tensões, que ocorre mais frequentemente na região cervical, onde a flexão pode levar à fratura da fina camada de prismas de esmalte, bem como à fratura de cimento e dentina” (27). Insistiu ainda em que não seria razoável chamar de abfração a todas as LCNC, pois elas seriam normalmente multifatoriais (28).

A interação sinérgica (quando o resultado de dois fatores concomitantes é mais pronunciado que a soma deles atuando independentemente) entre tensão e corrosão química foi explicada atribuindo ao dente o mecanismo de “stress corrosion cracking” (29), que é conhecido na engenharia como um mecanismo de crescimento na formação de trincas em um ambiente corrosivo, e que se manifesta especialmente em metais dúcteis submetidos a tração.

2.4 PIEZOELETRICIDADE E LESÕES CERVICAIS NÃO CARIOSAS

O mesmo autor que cunhou o termo abfração referiu-se em duas publicações do ano 2012 ao termo “biocorrosão”, definindo-o assim:

- “A biocorrosão abrange a degradação química, bioquímica e eletroquímica da substância dentária, causada por ácidos endógenos ou exógenos, agentes proteolíticos, bem como os efeitos piezoelétricos apenas na dentina” ou, num outro ponto do artigo, “Biocorrosão, que é a ação química, bioquímica ou eletroquímica que causa a degradação molecular das propriedades essenciais em um tecido vivo” (28). Esta publicação, que é uma revisão da literatura, foi comentada entusiasticamente pelo autor que, em 1984, sugeriu que ocorreriam micro fraturas na região cervical: “Bravo! Este excelente artigo de revisão [...] mostra os fatos mais importantes a respeito dos fatores etiológicos

essenciais no desenvolvimento de lesões cervicais não-cariosas (NCCLs) e os apresenta de uma forma claramente compreendida” (30).

- “Biocorrosão abrange a degradação química ácida, endógena ou exógena, e proteolítica de esmalte e dentina, bem como a ação eletroquímica piezoelétrica sobre o colágeno na dentina” (31).

Na revisão da literatura que acabamos de mencionar (28) o autor afirma que os efeitos eletroquímicos da piezeletricidade ocorrem na dentina, não no esmalte, e afirma que foi demonstrado que são capazes de remover o íon cálcio do dente. Para embasar esta última afirmação cita três bibliografias: a primeira, de sua autoria em 1987, consiste nos anais de uma conferência (aos quais não tivemos acesso) e trata da corrosão por estresse e a piezoeletricidade na formação de cáries radiculares. Na segunda (32) foram medidas as constantes piezoelétricas de tecidos de cachalote, mas não há nada experimentado nem dito diretamente a respeito de alguma comprovação da remoção de íons cálcio mediante corrosão eletroquímica facilitada pelo efeito piezoelétrico. Na terceira bibliografia (33), também com a autoria de Grippo J.O., foram mensuradas uma grande variedade de características (curva tensão – deformação, taxa de corrosão ácida em função da concentração de ácido cítrico, a curva de voltagem em função da força aplicada, etc.), mas as descrições da metodologia são extremamente reduzidas e pouco informativas. Na seção de resultados os autores afirmam que “os efeitos piezoelétricos foram observados pelos pesquisadores principais deste projeto (acima de 10^{-14} coulombs/N) e são suficientes para transportar íons cálcio (Ca^{++}), resultando portanto na desmineralização dos dentes”. Esta afirmação não parece suportada pelos experimentos realizados.

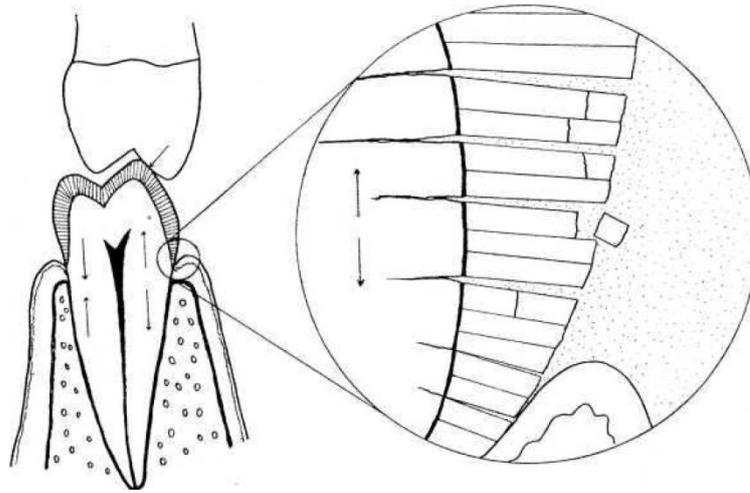
A piezoeletricidade foi descoberta em 1881 pelos irmãos Curie (34). A propriedade consiste em que o material consegue gerar eletricidade ou campo elétrico quando submetido a uma carga mecânica. Foi descoberta em cristais cuja grade cristalina não apresenta centro de simetria. Para que a piezoeletricidade exista, ao ser deformado o material pela carga exercida, ocorre uma separação dos centros gravitacionais das cargas negativas e positivas das moléculas, o que gera pequenos dipolos que, somados, manifestam-se como uma polarização do material. É uma propriedade bem conhecida para o osso desde 1957, e também para a dentina; mas não existe no esmalte, já que os cristais de hidróxiapatita não são piezoelétricos. Como o colágeno é o responsável pela propriedade e a dentina peritubular apresenta conteúdo muito baixo de colágeno, ela não apresenta piezoeletricidade (35).

Parece bem razoável admitir que a polarização elétrica das superfícies deformadas, e simultaneamente expostas a um ácido, provoque uma resposta específica na presença de substâncias ácidas. Também se pode esperar uma resposta diferente no que se refere à circulação de líquidos e íons dissolvidos nas porosidades e canalículos afetados pela polarização piezoelétrica (36). Estas especificidades poderiam afetar o desenvolvimento, tanto das LCNCs como da cárie que estivesse se desenvolvendo numa região sujeita a deformações. Mas a literatura encontrada não abordou ainda este aspecto programando experimentos que permitam avaliar especificamente a parcela de peso do efeito piezoelétrico no progresso da corrosão ácida de tecidos dentários. O que temos, até hoje, são apenas conjecturas da possível influência desta propriedade.

2.5 EVIDÊNCIAS A FAVOR E CONTRA A INFLUÊNCIA DO FATOR MECÂNICO

A presença de lesões cervicais não cariosas e subgingivais leva à reflexão de que não poderiam ser explicadas com abrasão ou com corrosão, porque não se entenderia como estes fatores poderiam atuar subgingivalmente. Por este motivo alguns investigadores concluíram que, para entender o mecanismo de formação das lesões cervicais não cariosas, seria necessário considerar a possibilidade de influência de fatores que possam atuar em um único dente. Por exemplo a força mecânica que flexiona um dente. Em 1984 foi publicado um trabalho com uma ilustração muito comunicativa (Figura 2.1) sobre a possível ação de forças excêntricas na formação de lesões cervicais não cariosas (24).

Figura 2.1 — Ilustração que explicou o mecanismo de produção das lesões por microfraturas a partir de cargas excêntricas (24)



Fonte: Lee and Eakle (24)

Dá a impressão de que seria necessário que houvesse lesões cervicais não cariosas distribuídas mais ou menos por igual em faces vestibulares e linguais, já que, quando um dente empurra outro flexionando-o, se surgir tração na vestibular de um deles, tem que surgir tração também na lingual (ou palatina) do antagonista que o flexionou. Importante ressaltar que, apesar dos inumeráveis estudos a respeito da influência das tensões na formação de lesões cervicais não cariosas, não existe um consenso a respeito do motivo da diferença na contribuição das tensões de tração e compressão na formação destas lesões, e por isso são necessários mais estudos para elucidar esta questão.

2.6 MECANISMO DE AÇÃO DO FATOR MECÂNICO

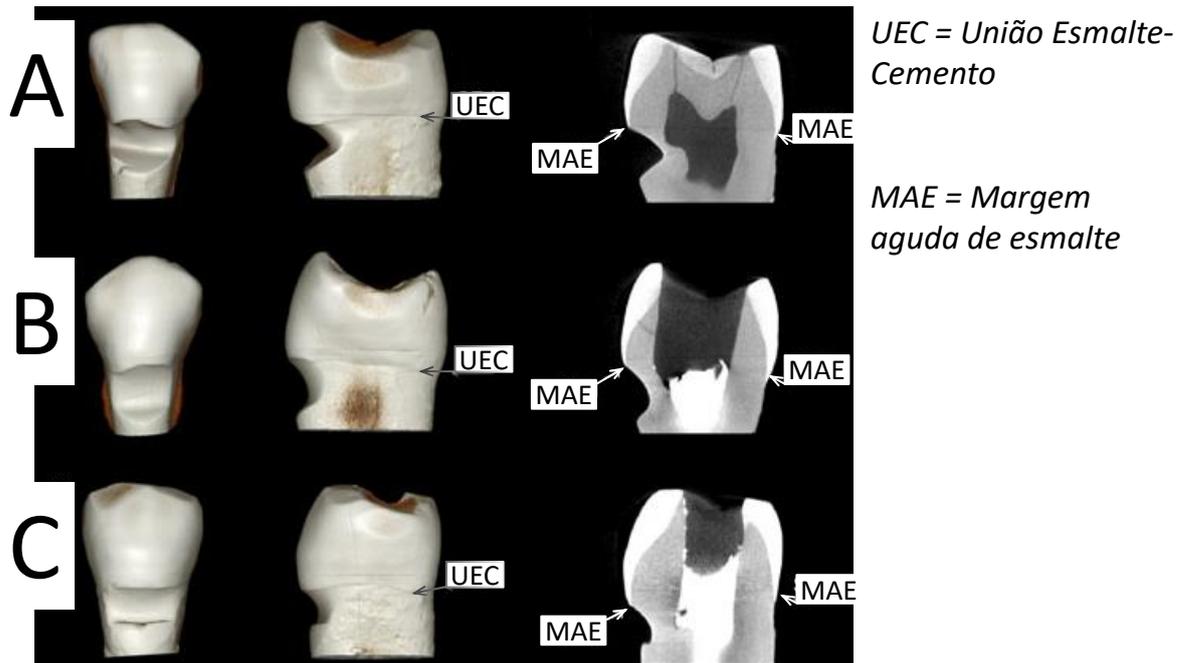
Num estudo realizado mediante elementos finitos constatou-se que as tensões encontradas no lado palatino foram semelhantes em magnitude às tensões encontradas na vestibular. Porém, os estudos clínicos afirmam que as lesões de abfração raramente são encontradas na palatina. Uma explicação para esta disparidade pode estar relacionada com a corrosão por estresse, que é um fenômeno frequentemente encontrado na engenharia: a presença de substâncias ácidas em combinação como a tensão pode causar mais dano que cada um dos fatores atuando

sozinho. É possível que os ácidos da dieta, tais como o ácido cítrico, possam trabalhar em conjunto com o estresse cervical gerado pelas cargas oclusais. Os fluidos, tais como os sucos de frutas, contêm naturalmente agentes erosivos e são lavados das superfícies palatinas até 6 vezes mais rápido do que das superfícies vestibulares, devido à influência do fluxo salivar. Portanto, está grande diferença na velocidade de lavagem entre a vestibular e a palatina como parte do processo de corrosão por estresse pode explicar as diferenças encontradas clinicamente (29).

As trincas produzidas na corrosão por estresse podem ocorrer sob tensões muito inferiores à tensão de fratura do material e costumam ser intergranulares ou transgranulares; muitas vezes é confundida como falha por fadiga, embora as tensões cíclicas aceleram também a corrosão por estresse. O fenômeno depende de uma ação sinérgica entre a tensão e o ambiente corrosivo, para produzir a trinca e materiais submetidos a tensão muito inferior que a tensão de escoamento (37).

Num estudo com dentes extraídos que apresentavam lesões cervicais não cariosas não foram detectadas margens significativamente deslocadas para oclusal em relação com o que seria o limite esmalte-cimento de cada dente. Neste estudo também não foram detectadas fraturas de esmalte na margem oclusal das lesões, como sugeriria a teoria do mecanismo de abfração. Os autores classificam as lesões em três tipos, conforme o formato da superfície resultante: em cunha, em pires ou prato e mista, como apresenta a Figura 2.2.

Figura 2.2 — Formas básicas de LCNC: A — em forma de cunha; B — de pires ou prato; C — misto



Fonte: Hur et al. (38), modificado

2.7 SURGIMENTO DO CONCEITO DE “ABFRAÇÃO” E SUA EVOLUÇÃO NO TEMPO

O termo “abfração” (25) foi cunhado por uma pessoa de fala inglesa com o significado de “chip” ou “break away” (“pequena peça” ou “desprender-se de algo que segurava em posição”). A palavra foi composta lançando mão da preposição latina “ab” (“a partir de”) e do verbo “frango, -ere, fregi, fractum” (“fraturar”). Ele aproveitou a hipótese, já anteriormente levantada (24), de que tanto o esmalte como a dentina poderiam se fraturar ou lascar em decorrência da flexão provocada no dente por forças oclusais excêntricas. No artigo de 1991 Grippo relacionou cinco “tipos de abfração” em esmalte, alguns dos quais não ocorriam na região cervical nem longe de pontos de aplicação da carga: trincas em forma de fio de cabelo, percorrendo a face vestibular; estrias horizontais (linhas de Luder); em forma de pires; invaginações em pontas de cúspide. Também listou dez tipos de abfração em dentina: gengival; circunferencial; múltipla; subgengival; lingual; interproximal; alternada; angular; na margem de coroas e na margem de restaurações.

O próprio autor que cunhou o termo abfração foi redefinindo o seu significado ao longo do tempo. Em 2004 explicou que era “a perda microestrutural de substância do dente em regiões de concentração de tensões, que ocorre mais frequentemente na região cervical, onde a flexão pode levar à fratura da fina camada de prismas de esmalte, bem como à fratura de cimento e dentina” (27). Insistiu ainda em que não seria razoável chamar de abfração a todas as LCNC, pois elas seriam normalmente multifatoriais (28).

2.8 A CONTROVÉRSIA AO REDOR DO TERMO “ABFRAÇÃO”

O termo abfração terminou sendo generalizado para designar toda e qualquer lesão cervical não cariosa. Seu idealizador voltou a insistir em que abfração se refere a um mecanismo que, junto com outros, pode produzir a lesão e não se deve usar para designar todas as lesões que, por estarem localizadas na região cervical, teriam alguma semelhança: a origem seria habitualmente multifatorial (28).

Mas existem autores que ressaltam que as causas mais amplamente aceitas destas lesões são a abrasão e a corrosão, sendo a teoria da abfração uma das mais discutidas e polêmicas. Afirmam que de resultados de estudos antropológicos, epidemiológicos, experimentais e clínicos quase não sugerem que a abfração possa existir, mas que ainda deve ser considerada como um conceito teórico e não um contribuinte garantido na formação das lesões cervicais não cariosas(39).

Há autores que, ainda que admitam a associação entre lesões cervicais não cariosas e fatores que aumentam a intensidade e/ou a frequência das cargas oclusais (tais como contatos prematuros e facetas de desgaste), afirmam que falta estabelecer uma relação de causa — efeito entre elas, já que não está claro o mecanismo de ação (29, 40-42).

Há também quem chame a atenção ao fato de que ainda não se tenha comprovado o processo de iniciação e progressão da fratura que possa levar ao desprendimento de pequenos fragmentos, nem no esmalte nem na dentina (43).

Uma revisão da literatura publicada em 2012 com a finalidade de esclarecer a associação entre lesões cervicais não cariosas e fatores oclusais concluiu que, até o

momento, não era possível estabelecer a associação com nenhum agente causal específico, e que o papel da oclusão ainda estava indeterminado (9).

Infelizmente, muitas confusões de terminologia foram surgindo, como, por exemplo, erosão¹ e abrasão², palavras que foram utilizadas e confusamente interpretadas em diferentes tempos e localizações para descrever lesões semelhantes (44).

A confusão ocorreu no passado quando, erroneamente, a palavra erosão serviu para identificar qualquer tipo de lesão não cariosa, inclusive as lesões provocadas por abrasão mecânica. Com o passar do tempo, o contato com a engenharia esclareceu para os dentistas que o que muitas vezes chamavam erosão era, na realidade corrosão; este uso equivocado tem levado a confusões e conflitos generalizados (44).

2.8.1 A procura por evidências de fraturas causadoras das LCNC

Num estudo de elementos finitos que procurava pelas causas da lesão de abfração (42) os autores afirmam que o problema principal seria que, ao se deteriorar a dentina pela presença do ácido na cervical (o que ocorre em primeiro lugar, antes de que o esmalte se frature), ela se solta do esmalte. Depois de se soltar do esmalte, duas coisas acontecem: 1) concentra muito mais tensão na dentina, que já não conta com a proteção que dava a rigidez do esmalte; 2) o esmalte sem suporte de dentina se fratura e se perde na cervical. Portanto, o problema se iniciaria na dentina.

Num estudo com dentes extraídos que apresentavam lesões cervicais não cariosas não foram detectadas fraturas de esmalte na margem oclusal das lesões, como sugeriria a teoria do mecanismo de abfração (38).

¹ O termo “erosão” significa, em outras ciências como a engenharia, um desgaste produzido pela ação mecânica de um fluido. Seria o caso, por exemplo, da água ou do vento que carregam a terra para longe. No âmbito odontológico, refere-se ao desgaste do dente provocado por ácidos, que em outras ciências chamariam de “corrosão”.

² A abrasão é um desgaste que ocorre por atrito entre dois ou três corpos. Mas, em Odontologia, foi usado como sinônimo de perda de substância dentária, em geral, mesmo que a participação do atrito tenha sido irrelevante.

2.8.2 Outras explicações para o mecanismo ação do fator mecânico

Num trabalho experimental que avaliou a tenacidade do esmalte (45) o autor afirmou que a capacidade de absorção de energia pelo esmalte (tenacidade mecânica) depende da expulsão do líquido que se encontra entre as fibras minerais deste material, composto natural. Para explicar seus resultados mecânicos o pesquisador lançou mão da teoria clássica do fluxo através de canais estreitos (ele menciona trabalhos que avaliaram poros no esmalte com diâmetros entre 1 e 25 nm), acrescida de modificações que permitem inferir a influência de duplas camadas elétricas na superfície das fibras. Assim chegou à conclusão de como a tenacidade pode ser influenciada por meios químicos como, por exemplo, a substituição de grupos hidroxila por íons fluoreto, que resultaria em aumento da tenacidade do esmalte. Em seu experimento o autor carregou o esmalte oclusal ciclicamente com uma esfera de aço e traçou as curvas carga versus deformação durante o ciclo completo. As curvas mostraram histerese, o que foi atribuído a que o esmalte se comportaria como uma esponja, da qual o líquido é expelido durante a compressão e volta a entrar nele quando a carga é aliviada. A área do laço formado pela curva com histerese é uma medida da energia necessária para expulsar o líquido e, como ocorre com outros materiais viscoelásticos, fornece tenacidade ao esmalte durante a deformação elástica.

Em 1973 (Apud 21) foi aventada outra hipótese de formação de lesões não cariosas, semelhante à teoria da abfração, na seguinte sequência de eventos: 1) o esmalte, que se afina na região cervical, apresentando cristais curtos e friáveis se romperia como consequência da biodinâmica da deformação da região, sujeita a tração, compressão e dobramento; 2) a fratura do esmalte facilitaria a “permeabilidade ao bombeamento” que, por sua vez, permitiria que líquidos capazes de dissolver o dente alcançassem a dentina; 3) a dentina exposta resultante ficaria predisposta à “erosão” causada pela abrasão da escovação e agentes cariogênicos.

Num recente trabalho de tese (46) espécimes de esmalte bovino foram expostos simultaneamente à tensão e ao meio ácido. Em espécimes submetidos a tensão de tração ocorreu um aumento da profundidade de desmineralização do esmalte. Nos submetidos à compressão houve uma tendência a proteção frente à ação do ácido. Isto poderia ser explicado porque a tensão de tração tenha aumentado

a permeabilidade ao ácido mediante a ampliação dos canais por onde circula o líquido. O contrário teria acontecido pela tensão de compressão. Se esta explicação fosse correta, tensões cíclicas, tanto de tração quanto de compressão, deveriam ter um efeito de bombeamento ou circulação forçada e maior desmineralização em ambos os casos.

3 PROPOSIÇÃO

Este estudo propõe-se avaliar a penetração de um corante traçador à base de nitrato de prata em espécimes de esmalte bovino submetidos a tensões cíclicas de tração, compressão ou não estressados, como modo de testar a hipótese de que o esmalte possa funcionar como “esponja rígida¹”, e assim colaborar na explicação da interação entre o fator mecânico e a exposição ao meio ácido para formar lesões cervicais não cariosas.

¹ Nesta expressão, o adjetivo não está sendo utilizado com o mesmo significado que tem habitualmente no âmbito da mecânica dos sólidos, quando referido a um “corpo rígido” como absolutamente “indeformável”. Entende-se que uma “esponja rígida” é um material estruturado por um sistema de poros intercomunicados mas que, ao invés de se apresentar como macio e flexível, apresenta-se com elevadas dureza e rigidez; ou seja: é deformável e, naturalmente, o volume compreendido pelos poros é a região preferencialmente deformável.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi aprovado pelo comitê de ética no uso de animais da Universidade de São Paulo, como consta no protocolo CEUA FOUSP número 03/2017 (Anexo A). Foram usados 60 incisivos bovinos para esta investigação.

4.1 ESTUDO PILOTO

Uma longa série de experimentos piloto foram realizados, os quais permitiram verificar a plausibilidade da hipótese proposta e ajustar detalhes de metodologia, que serão descritos em detalhe nos próximos itens. Entre as modificações principais introduzidas em relação ao projeto, temos as seguintes:

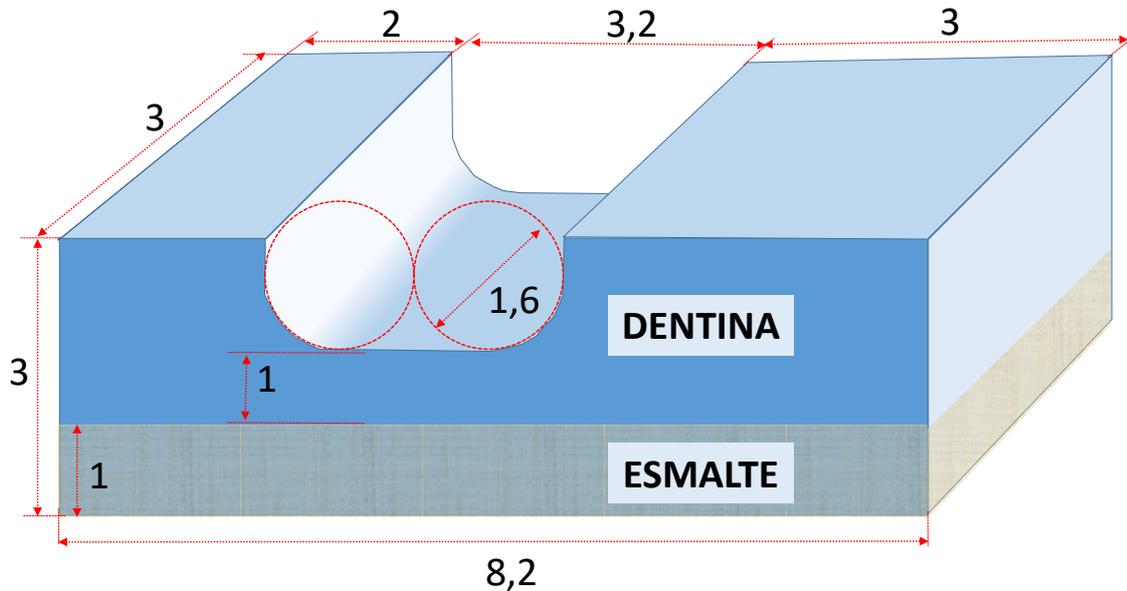
- 1) Foi necessário redimensionar o tamanho do espécime, já que era difícil conseguir dentes bovinos com o tamanho necessário. Reduziu-se em três milímetros o comprimento inicial do palito e aumentou-se a espessura de dentina para 1 mm na altura do entalhe.
- 2) Foram construídos acessórios, descritos a seguir, principalmente para facilitar a exatidão na localização dos cortes dos dentes, tanto para a construção dos espécimes como para sua análise final.

4.2 DESENHO DO EXPERIMENTO

A ideia do experimento foi recortar incisivos bovinos para construir peças, o mais regulares possível, de modo que, ao aplicar-lhes a carga cíclica, ficassem submetidos a valores semelhantes de tensão. O formato idealizado foi o do paralelepípedo (palito), com um entalhe para dirigir a concentração de tensões à superfície do esmalte. A Figura 4.1 apresenta as medidas do Palito idealizado. O objetivo na confecção de espécimes com forma de paralelepípedo com um entalhe, foi o de obter corpos-de-prova que permitem simular o que acontece com uma peça

dentária: o entalhe cria uma região de concentração de tensões, tal como ocorre na área cervical do dente.

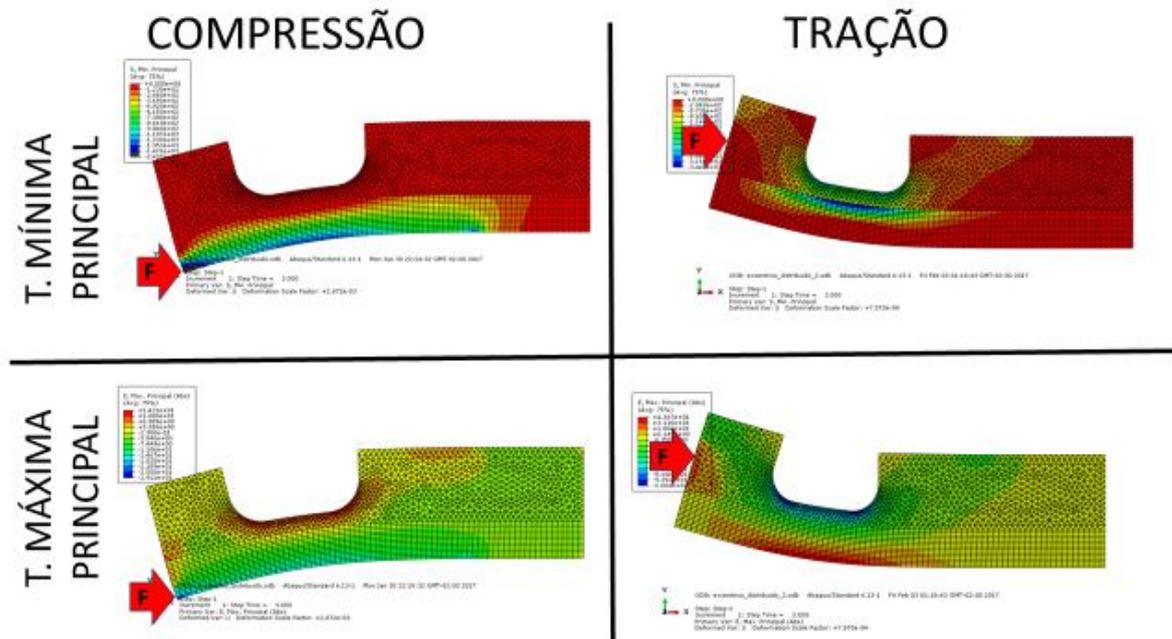
Figura 4.1 — Geometria e dimensões do palito



Fonte: a autora

Para comprovar que é a idealização do modelo fosse correta no que se refere à concentração de tensões, foi construído um modelo de elementos finitos 2D ao qual se aplicaram cargas excêntricas, dirigidas longitudinalmente e localizadas, ou na borda do esmalte, ou numa linha situada a dois milímetros da borda (Figura 4.2). Como era esperado, nota-se que, para os espécimes de aplicação de carga na borda do esmalte, ocorre uma deformação elástica que provoca concavidade da face vestibular e concentração de tensão na região do esmalte que fica frente ao entalhe. Nos espécimes nos quais a carga se aplicou na dentina, a 2 mm da borda do esmalte, os espécimes tendem a se dobrar produzindo convexidade na face vestibular, e aparecem tensões de tração na região do esmalte frente ao entalhe.

Figura 4.2 — Resultados dos modelos de elementos finitos. A deformação ampliada evidencia a flexão provocada pelo carregamento das peças (representado pela seta vermelha). O mapa de cores ilustra as regiões de concentração de tensões ao aplicar a carga



Fonte: a autora

Os espécimes seriam envernizados para deixar exposta o meio externo exclusivamente uma faixa central, de um milímetro e meio de largura, na face vestibular. Esta faixa se constituiria na região em foco do estudo: se a hipótese de bombeamento fosse correta, o líquido circundante penetraria no esmalte de modo diferente (mas profundamente) quando os espécimes estivessem submetidos a cargas cíclicas. Se o líquido circundante contivesse dissolvido algum traçador (de um tamanho como comparável ao das pequenas moléculas de ácido), e se o traçador fosse localizável posteriormente, seria possível atribuir eventuais diferenças de penetração do traçador ao fato de que os espécimes tivessem sido submetidos a cargas cíclicas capazes de provocar o bombeamento. O líquido traçador escolhido foi a solução de nitrato de prata a 10%.

Assim sendo, desenhou-se um experimento com seis grupos (Figura 4.3, na página 53), com as seguintes características e motivos:

- 1) Sem carga e imerso na água: é um grupo controle. Serve para conhecer as características do esmalte e dentina sem contato com o traçador.
- 2) Sem carga, imerso e nitrato: é outro grupo controle, para poder conhecer as características do esmalte e dentina quando o traçador entra em contato e penetra exclusivamente por mecanismos de difusão não forçada.

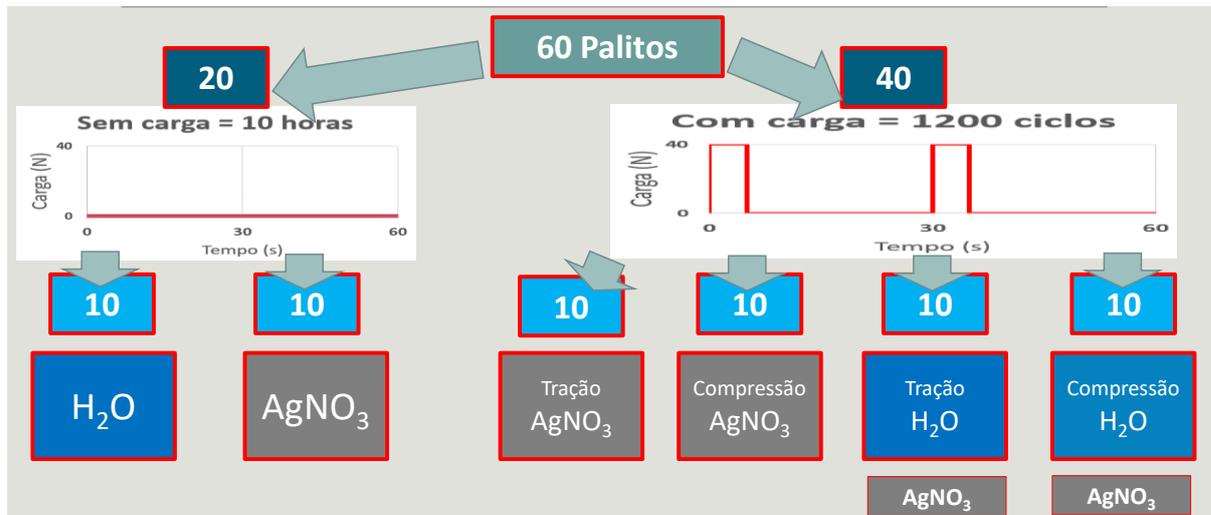
- 3) Com carga cíclica que provoque tensão de tração ao mesmo tempo em que o espécime se encontra imerso em nitrato. Se acontecesse o bombeamento em regiões deformadas pela tensão, ali a solução traçadora deveria penetrar mais, já que existiria, além da difusão, um novo mecanismo de penetração: o do bombeamento.
- 4) Com carga cíclica que provoque tensão de compressão ao mesmo tempo em que o espécime se encontra imerso em nitrato. Se acontecesse o bombeamento em regiões deformadas pela tensão, ali a solução traçadora deveria penetrar mais, já que existiria, além da difusão, um novo mecanismo de penetração: o do bombeamento.
- 5) Com carga cíclica que provoque tensão de tração ao mesmo tempo em que o espécime se encontra imerso em água. A seguir, e sem ficar expostos à tensão, os espécimes deste grupo seriam imersos no traçador, pelo mesmo tempo de ciclagem mecânica.

Este grupo também é um controle. Permitiria conhecer se a ciclagem de tração provocou danos (trincas) no esmalte, e se estas trincas poderiam ser o caminho de entrada do traçador. Se as trincas não tiverem se formado, a penetração do traçador neste grupo seria semelhante à do controle do grupo 2.

- 6) Com carga cíclica que provoque tensão de compressão ao mesmo tempo em que o espécime se encontra imerso em água. A seguir, e sem ficar expostos à tensão, os espécimes deste grupo seriam imersos no traçador, pelo mesmo tempo de ciclagem mecânica.

Este grupo também é um controle. Permitiria conhecer se a ciclagem de compressão provocou danos (trincas) no esmalte, e se estas trincas poderiam ser o caminho de entrada do traçador. Se as trincas não tiverem se formado, a penetração do traçador neste grupo seria também semelhante à do controle do grupo 2.

Figura 4.3 — Desenho experimental



Fonte: a autora

4.3 CONFECÇÃO DOS ESPÉCIMES

4.3.1 Seleção dos dentes

Os incisivos bovinos foram obtidos em frigorífico, foram limpos, avaliados e selecionados sob lupa de 2 aumentos, de modo que cumprissem os seguintes requisitos:

- 1) Coroa com tamanho ao redor de 4 cm
- 2) Mínima curvatura da face vestibular
- 3) Livre de defeitos grosseiros, desgastes incisais, trincas visíveis, malformações, etc.

Figura 4.4 — Exemplo de dente selecionado



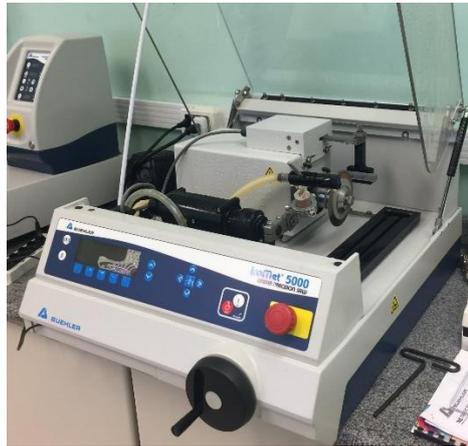
Fonte: a autora

Após selecionados, foram armazenados a 4°C em solução de timol a 1% durante 48 h, colocados em água corrente durante 2 h e voltaram a ser armazenados em água destilada sob refrigeração (4°C), até as seguintes fases.

4.3.2 Obtenção das barras

Os cortes principais foram realizados em cortadora automática programável Isomet 5000 (Buehler).

Figura 4.5 — Cortadora programável Isomet 5000



Fonte: a autora

Para guiar o procedimento de corte, foi marcada com grafite uma linha longitudinal na vestibular, correspondendo com a região mais saliente e central da face. A seguir, o dente foi fixado pela raiz num dispositivo especificamente construído, que permitia ajustes de inclinação nos três eixos do espaço (Figura 4.6).

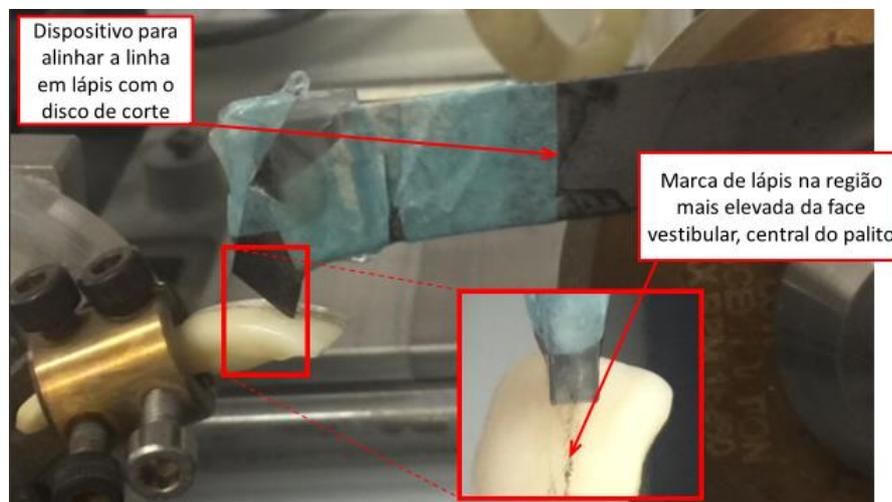
Figura 4.6 — Fixador e posicionador dos incisivos para o corte



Fonte: a autora

Para facilitar o ajuste fino da posição do dente em relação ao disco da cortadora, um acessório foi construído (Figura 4.7): a posição do dente era corrigida até que as pontas das lâminas contatassem simultaneamente a superfície do esmalte e estivessem equidistantes da marca feita previamente com grafite. Assim, os dois primeiros planos de corte seriam paralelos equidistantes ao plano de curvatura da linha demarcada com grafite. E a espessura do esmalte era a mesma nas duas superfícies cortadas.

Figura 4.7 — Dispositivo para conferir o alinhamento conseguido entre o dente e o disco de corte. No destaque, observa-se o dente marcado com lápis e as duas pontas das lâminas apoiadas simultaneamente na superfície. O conjunto pode deslizar, guiado pelo disco, e permite verificar se as pontas contatam simultaneamente a superfície em todo o percurso do corte. A posição do dente é corrigida até conseguir um bom resultado



Fonte: a autora

O corte, sob refrigeração, seguiu a programação da Tabela 4.1.

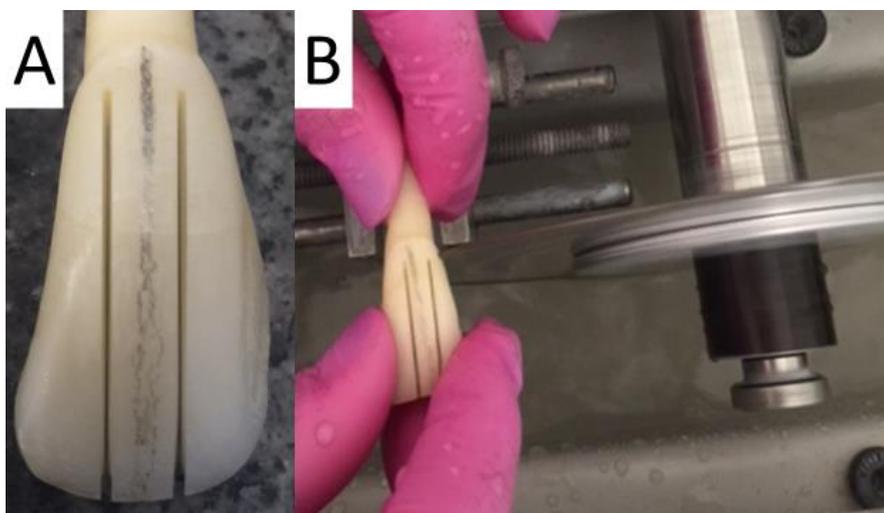
Tabela 4.1 — Parâmetros de programação da cortadora Isomet 5000 para obter as barras iniciais

CORTADORA BUELHER ISOMET 5000		
Velocidade de giro 5000 rpm	Velocidade de avanço 17 mm/min	Comprimento do corte 22mm
Espessura do espécime 3mm	Número de espécimes 1	Espessura da lâmina 0.35

Fuente: a autora

No final deste primeiro corte as barras ficavam unidas à raiz. Foram então separadas dela por um segundo corte, executado em cortadora manual (Figura 4.8), e a parte lingual fraturada.

Figura 4.8 — A: Resultado final da primera etapa de corte, com a barra unida à raiz. B: Segundo corte, para separação da barra



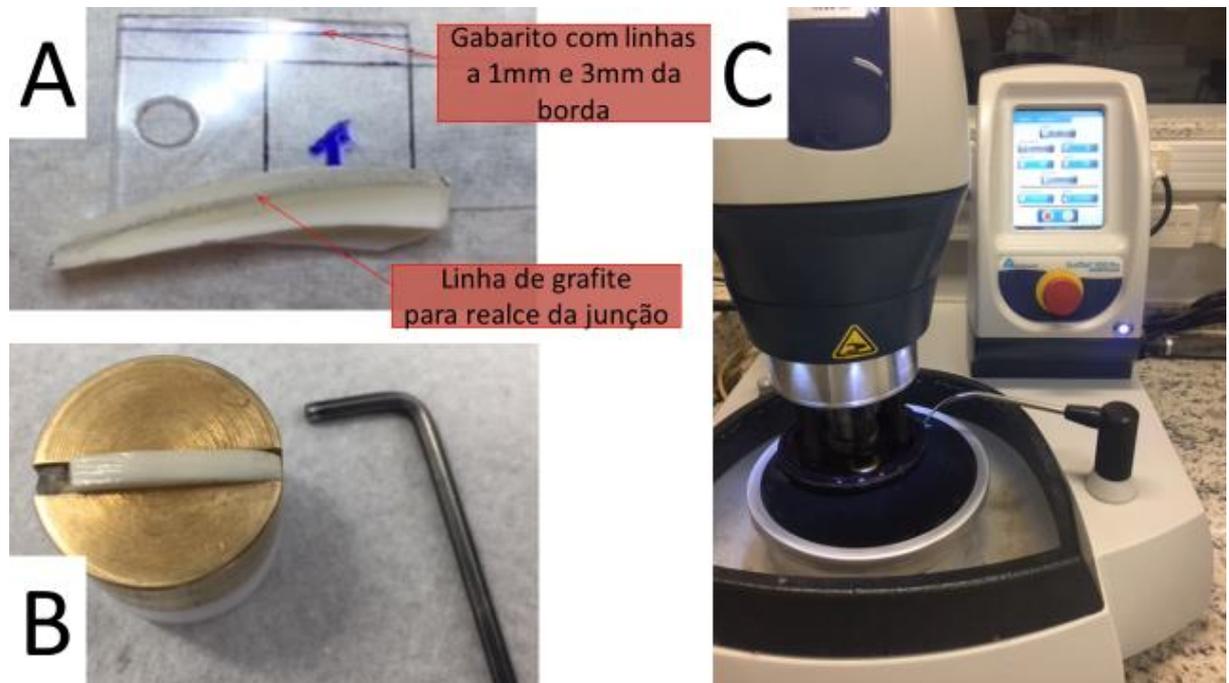
Fonte: a autora

As barras obtidas foram avaliadas e selecionaram-se aquelas em que a espessura de esmalte era semelhante em ambos os planos de corte, além de apresentar espessura que permitisse a planificação da face vestibular, deixando um remanescente de 1 mm visível nas superfícies do corte

4.3.3 Ajuste da espessura do esmalte, aplainamento e polimento

As barras obtidas apresentavam curvatura superficial, tanto no plano longitudinal quanto no transversal, além de uma espessura superior a 1mm (Figura 4.9 — A). Para deixar o tamanho e formato o mais padronizado possível foi desgastado o excesso de esmalte em relação às medidas previstas (Figura 4.1). Inicialmente, foi destacada com grafite a linha da união amelodentinária. A seguir, com a ajuda de um gabarito transparente (com uma linha fina a 1 mm da borda, e outra a 3 mm), foi escolhida a região mais favorável da barra e marcada com grafite uma linha na lateral. para indicar por onde deveria passar o plano de desgaste, de modo a garantir que ainda sobrasse 1 mm de esmalte e 2 mm de dentina. Em seguida, a barra foi encaixada, justa e até a marca de grafite ficar rente a sua superfície, em um trilho de 3 mm de um dispositivo (Figura 4.9 — B) que, levado à politriz automática (Figura 4.9 — C) Ecomet 250 com Cabeçote Automet (Buehler) permitia fazer o desbaste (carga de 20 N e lixa de diamante 8" ALLIED High Tech products INC. 220 grit durante tempos de 1 minuto até conseguir o desgaste necessário). O dispositivo apresentava dois parafusos no fundo do trilho para permitir que a barra fosse estabilizada na inclinação desejada. Foi usada também cola quente de silicone nas extremidades da barra para evitar que deslizesse dentro do trilho.

Figura 4.9 — A: régua transparente para localizar o melhor local e marcar o esmalte a 1 mm da junção amelodentinária. B: palito encaixado no sulco do suporte para planificação da superfície vestibular por lixamento de excessos. C: Lixamento automático

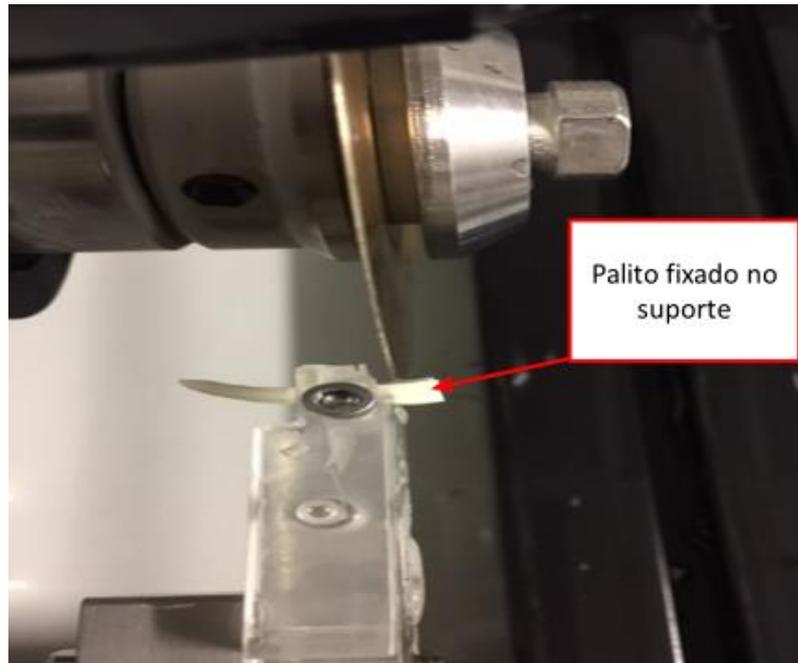


Fonte: a autora

4.3.4 Ajuste do comprimento

Para cortar as extremidades das barras perpendicularmente ao plano da superfície vestibular do esmalte e formar palitos com 8,2 mm de comprimento foi construído um acessório (Figura 4.10) para a cortadeira Isomet 5000. O acessório tinha uma superfície-guia específica para adaptar a superfície plana do esmalte. Foi tomado o cuidado de identificar nos palitos resultantes, com uma marca de grafite, a extremidade incisal. A Tabela 4.2 mostra os dados de programação da cortadeira.

Figura 4.10 — Acessório para fixação do palito durante o corte de ajuste do comprimento a 8,2 mm



Fuente: a autora

Tabela 4.2 — Dados de programação da Isomet 5000 para corte das extremidades das barras e formar os palitos com 8,2 mm de comprimento

CORTADORA BUELHER ISOMET 5000		
Velocidade de giro 5000 rpm	Velocidade de avanço 17 mm/min	Comprimento de corte 6,5 mm
Espessura do espécime 8,2 mm	Quantidade de espécimens 1	Espessura da lâmina 0.35

Fonte: a autora

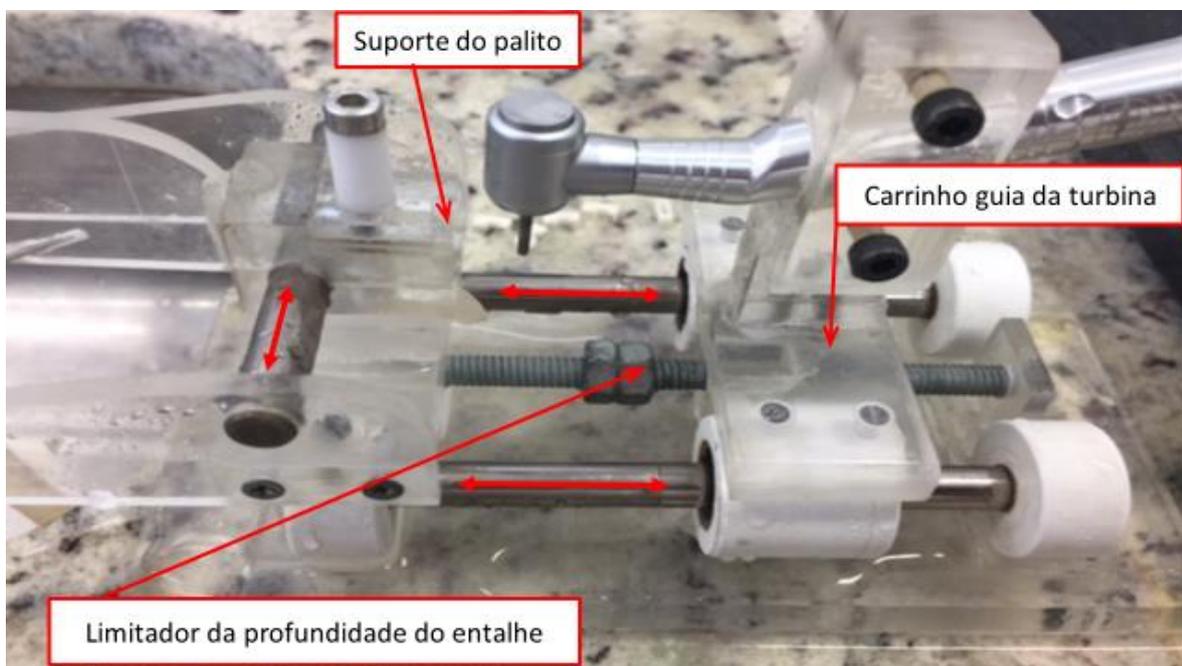
4.3.5 Confeção do entalhe

Foi construído um dispositivo para conduzir e limitar o movimento de uma turbina de alta rotação em linha reta e perpendicular em relação ao movimento de um suporte para o palito (Figura 4.11), que foi limitado em 1,6 mm. Esta liberdade de movimento, somada ao diâmetro de 1,6 mm da broca (marca KG #3100, de grana média) adaptada à turbina, produzia um entalhe de 3,2 mm de comprimento. A

profundidade do entalhe era ajustada por um limitador do movimento do carrinho da turbina para deixar sempre o mesmo remanescente de 2 mm de dente a partir da superfície vestibular, plana, do esmalte.

O palito foi encaixado no dispositivo de modo a deixar sempre a extremidade incisal para o mesmo lado, de modo que o limite do entalhe ficasse a dois milímetros da extremidade incisal e a três da cervical.

Figura 4.11 — Dispositivo para confecção dos entalhes nos palitos. As setas com duas pontas estão colocadas sobre os eixos que dão liberdade de movimento ao carrinho e ao suporte do palito

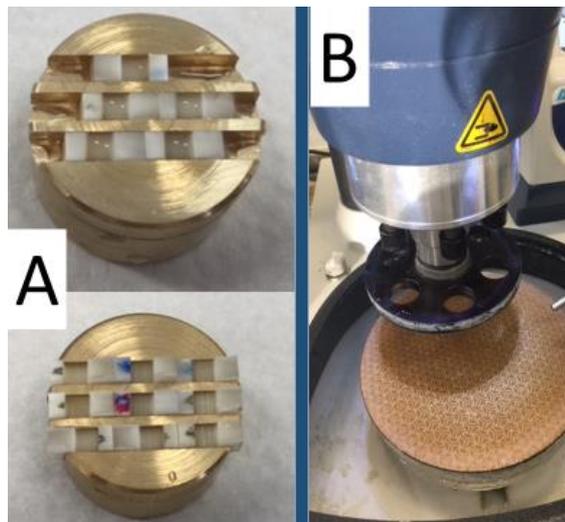


Fonte: a autora

4.3.6 Acabamento dos palitos

4.3.6.1 Desgaste do excesso de dentina voltado para a câmara pulpar: vários palitos foram encaixados de cada vez em cilindros metálicos com trilhos de 3 mm de largura e 3 mm de profundidade. Os excessos de dentina de cada palito foram então lixados, semelhantemente ao lixamento para planificação da vestibular (Figura 4.12). A politriz usou carga de 10 N e lixa de diamante 8" ALLIED High Tech products INC. 220 grit durante tempos de 1 minuto até conseguir o desgaste necessário.

Figura 4.12 — Desgaste do excesso de dentina. A — Palitos colocados nas ranhuras do acessório metálico. B — Politriz com lixa de diamante



Fonte: a autora

4.3.6.2 Arredondamento dos ângulos diedros e triedros foi feito com lixa manual especial para polimento de unhas, em suporte de espuma (Figura 4.13). O arredondamento foi necessário para conseguir que, durante o passo posterior de proteção com verniz, as regiões de ângulos não ficassem desprotegidas, uma vez que o verniz tende a ficar muito fino e descontínuo quando os ângulos são vivos.

4.3.6.3 A seguir, as faces vestibulares do esmalte foram polidas usando sequência de três pastas de diamante (marca Fortel) de 3 μ , 1 μ y 0,25 μ , em discos de feltro de 12 mm (marca TDV — #3043) em baixa rotação (Figura 4.13).

Figura 4.13 — Lixa para arredondar ângulos; pastas de diamante e roda de feltro utilizada para o polimento da superfície vestibular do esmalte dos palitos, à direita

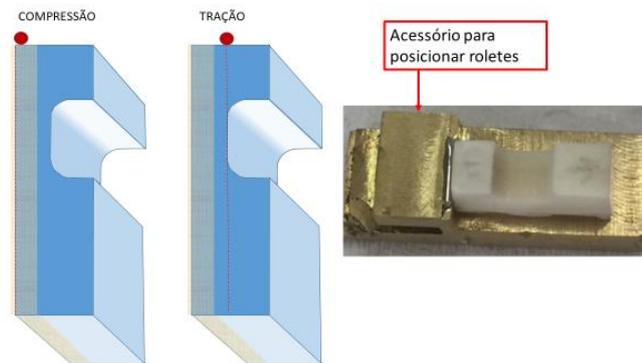


Fonte: a autora

4.3.7 Colocação do rolete metálico

Na face incisal de cada palito foi colado um cilindro metálico ou “rolete” para determinar a linha exata sobre a qual seria aplicada a carga. Os roletes foram construídos com arame ortodôntico de aço inoxidável com 0,5 mm de diâmetro, cortado em pedaços de 3 mm de comprimento. Foram fixados com resina fluida (Prevent de FGM que, na realidade, é um selante de fossas e fissuras) e adesivo (Ambar da FGM, com MDP, para uso com condicionamento ácido total), precedidos de condicionamento ácido.

Figura 4.14 — Acessório para fixar em local preciso o rolete. O desenho do lado esquerdo define o objetivo. A fotografia mostra o rolete em posição no guia, antes de ser colado



Fonte: a autora

4.3.8 Fixação do palito na base de acrílico

A colocação de uma base cilíndrica entalhada no palito foi necessária por vários motivos:

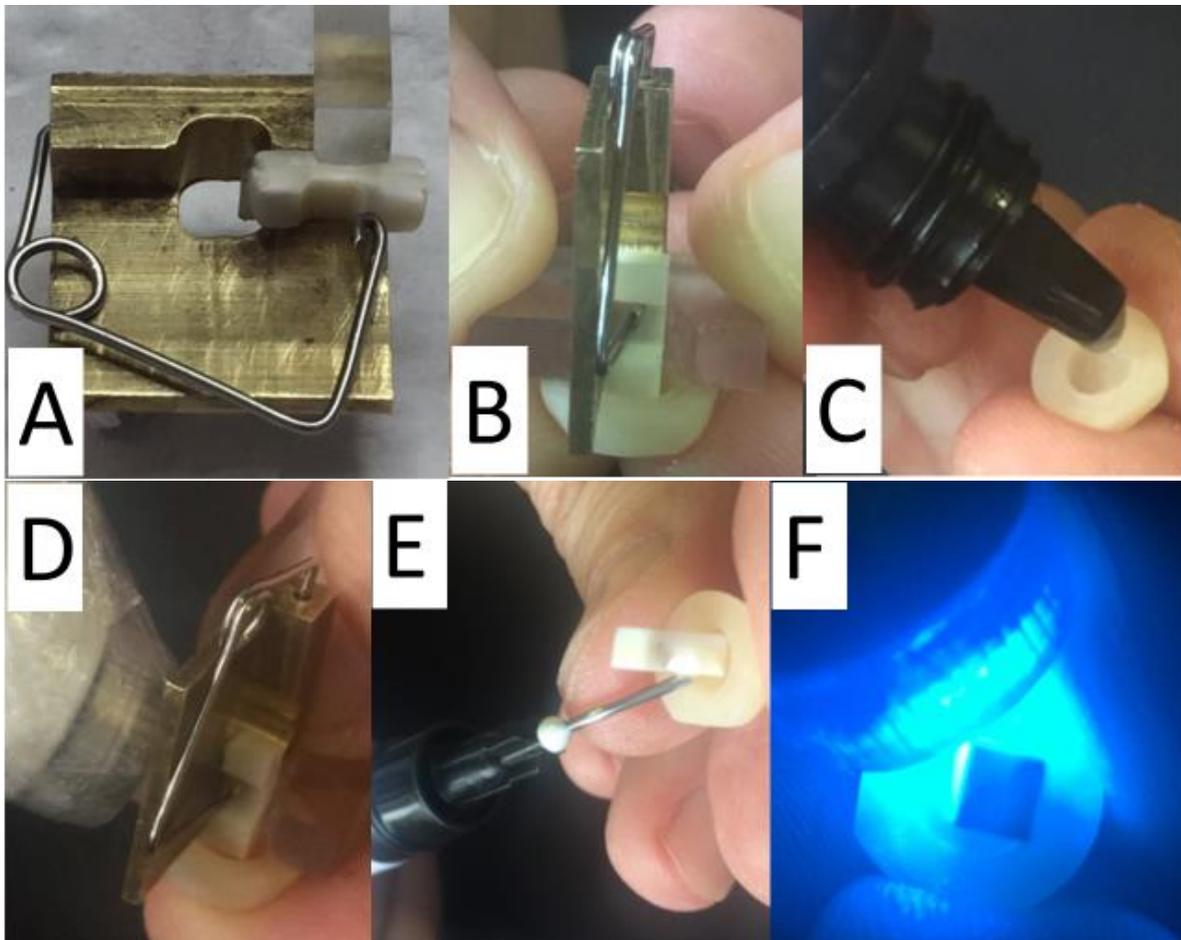
- Facilitar o alinhamento do palito para receber a carga sem se inclinar, já que a base de 3 x 3 mm era muito pequena.
- Evitar o giro e deslocamento do palito durante a ciclagem.
- Facilitar a manipulação durante o procedimento de envernizado.
- Facilitar a identificação de cada espécime, na base, sem interferir nas condições do experimento.

As bases de acrílico, construídas em moldes de silicone a partir de uma peça torneada e, posteriormente, lixada para deixar as duas faces planas paralelas, tinham as seguintes características:

- As duas faces planas eram paralelas.
- A face superior apresentava um rebaixamento, também cilíndrico de 1 mm de profundidade e 4 mm de diâmetro, no qual foi assentada a extremidade cervical do palito.
- À placa cilíndrica apresentava um entalhe para que, ao encaixar num suporte específico, fosse impedido o giro durante a aplicação de carga cíclica (Figura 4.16).

Para que o palito ficasse perpendicular ao plano da base foi construído um acessório em metal fresado e acrílico (Figura 4.15, A, B e D). Com o palito em posição, uma pequena porção de resina fluida (Bioseal — FGM) contida no rebaixamento era fotoativada, para a fixação inicial. Uma vez preso, reforçou-se a fixação do palito com mais resina fluida.

Figura 4.15 — Sequência de passos para fixar o palito na base acrílica. A: palito, já com rolete, posicionado no acessório e empurrado contra a parede guia por uma mola; B: Adaptação da base; C: colocação de um pouco de resina flow no rebaixamento cilíndrico; D: fotoativador preparado para fixar inicialmente o palito na base; E: completando o preenchimento do rebaixamento cilíndrico; F: fotoativação final abundante



Fonte: a autora

4.3.9 Envernizado e identificação

Toda a superfície dos palitos, exceto uma faixa central do esmalte vestibular de 1,5 mm de largura, foi coberta com verniz resistente à água. Esta região exposta do dente seria a área de estudo, em contato com a solução circundante (água ou nitrato de prata a 10%). A sequência foi a seguinte:

- 1) Colocou-se uma tira de 1,5 mm de largura de fita adesiva (fita isolante para conexões elétricas, Scotch — 3M, preta) na região central da vestibular de esmalte, cobrindo todo seu comprimento. A tira foi cortada sobre vidro, com o auxílio de um estilete guiado por um paquímetro com abertura fixa.
- 2) Aplicou-se uma primeira camada de verniz de secagem rápida em toda a superfície. O verniz foi preparado a partir de um verniz para unhas transparente extra brilho, marca Revlon, manchado com umas gotas de verniz vermelho da mesma marca. Procurou-se deixar livre de verniz a superfície da fita adesiva.
- 3) Imediatamente depois de secar o verniz da primeira camada a fita adesiva foi removida, para deixar exposta uma faixa de esmalte bem delimitada. Este detalhe de rapidez em remover a fita foi importante para evitar que a cola da fita, por ter permanecido por muito tempo em contato com o esmalte, e com as sucessivas camadas de verniz (que contém solvente), terminasse impregnando o esmalte, como se comprovou que acontecia, durante o piloto. Aplicaram-se depois novas camadas de verniz sobre as partes anteriormente envernizadas, para reforçar as partes em que o verniz parecia estar fino. Garantiu-se assim uma proteção eficiente, especialmente nas regiões angulosas. As extremidades da faixa central do esmalte (1 mm na incisal e 1 mm na cervical, junto da base de acrílico) também foram protegidas.

Figura 4.16 — Espécimes envernizados



Fonte: a autora

Concluída a confecção dos palitos, foram divididos aleatoriamente em seis grupos e identificados com caneta especial para plástico.

4.4 SOLUÇÃO TRAÇADORA

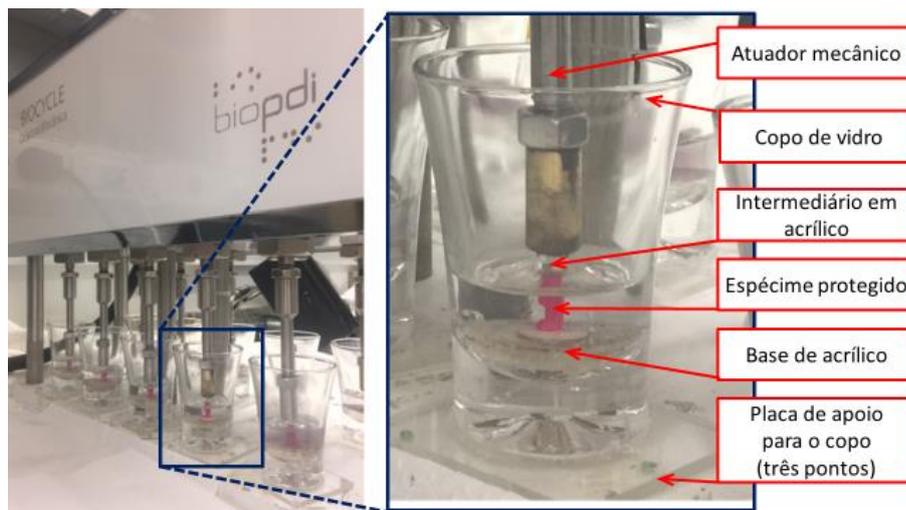
Devido ao pequeno tamanho dos íons de prata (0,059nm) e seu poder de produzir coloração quando precipitados, foi escolhida a solução de nitrato de prata a 10% (Sigma Aldrich — peso molecular 169,87; pH 7,0). As soluções são incolores e transparente, ficando turva se ocorrer precipitação do sal. A prata pode precipitar no interior do tecido dentário como pequenos cristais que enegrecem em presença de luz. Neste caso o tecido fica manchado entre a cor acastanhada e o preto opaco. Espécimes penetrados pelo corante e radiografados evidenciam regiões fortemente radiopacas, muito menores que as manchas pretas identificadas visualmente. As regiões radiopacas podem ser consideradas como muito mais infiltradas, embora não se distingam de outras regiões também pretas à iluminação por luz, transmitida ou refletida.

4.5 APLICAÇÃO DE CARGA CÍCLICA

Para a aplicação de carga cíclica utilizou-se a cicladora mecânica Biocycle V1 (Biopdi), programada para aplicar 1200 ciclos de 30 segundos. Cada ciclo compreendia 5 segundos de aplicação de carga de 40N em cada um dos seu dez atuadores pneumáticos e 25 segundos sem carga. Cada atuador ficava encostado no rolete do espécime, de modo a evitar o impacto ao iniciar o carregamento em cada ciclo.

Os espécimes foram colocados em copos de vidro, tipo “shot” de aproximadamente 50 ml, em cujo fundo tinha sido construído, em acrílico, um encaixe para a base do corpo de prova (Figura 4.17).

Figura 4.17 — Espécimes nos copos, recebendo a ciclagem mecânica



Fonte: a autora

4.6 PRECIPITAÇÃO DA PRATA DO TRAÇADOR

Para precipitar a prata dos grupos expostos ao nitrato os espécimes passaram inicialmente por lavagem em água corrente, imersos em líquido fixador radiográfico por cinco minutos, novamente lavados em água corrente e expostos à luz intensa de

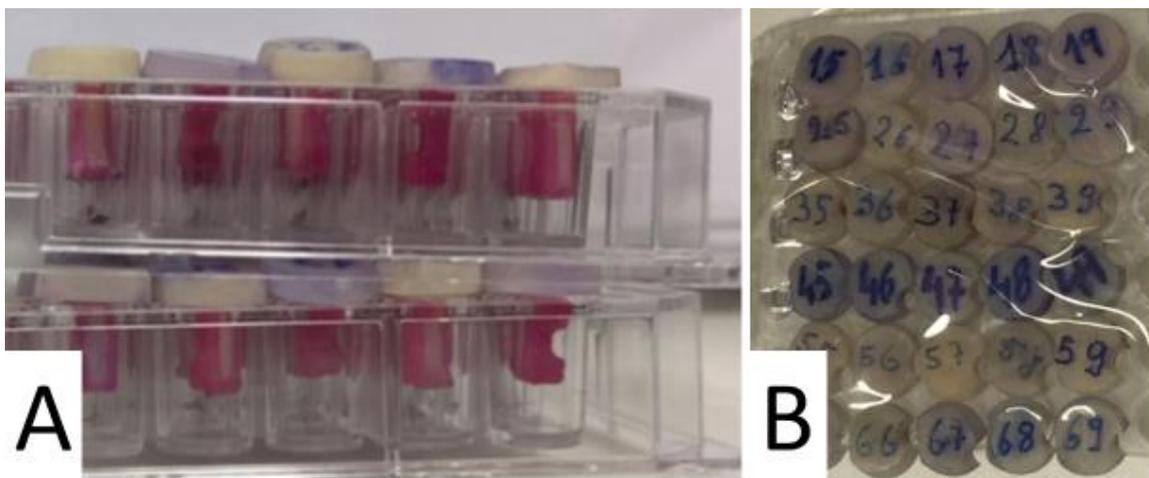
fotopolimerizador (FlashLite 1401 — Discus Dental) durante 5 minutos. A seguir, os espécimes foram imersos em soro fisiológico, já que a solução de cloreto de sódio também é capaz de reagir com o nitrato de prata, precipitando-o em cloreto de prata, que é fotossensível (transformando-se em prata metálica e cloro).

4.7 AVALIAÇÃO DA PENETRAÇÃO DO TRAÇADOR

4.7.1 Micro tomografia computadorizada

Por ser relativamente rápida e não destrutiva foi usada a tomografia computadorizada no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). O micro tomógrafo utilizado (Netzsch — Carestream Albira CT) apresenta resolução de 90 μm . Os espécimes foram montados numa parte de uma placa de ELISA, embrulhados em filme de PVC fino e tomografados sob 35 kV, 0.4 mA, em dois lotes. As imagens de cada espécime foram digitalmente separadas do conjunto e analisadas como auxílio do software InVesalius 3.1.1.

Figura 4.18 — Acondicionamento dos espécimes em placas de ELISA. A — Vista lateral dos dois conjuntos: cada espécime ocupou um poço da placa. B — vista das bases dos palitos com a identificação



Fonte: a autora

Com a finalidade de poder comparar as imagens dos espécimes antes e depois da aplicação dos ciclos mecânicos e do traçador, os espécimes foram tomografados

duas vezes (Inicial e T1). Após a verificação das primeiras imagens resultantes, e dos artefatos que apareciam nelas (ver item 5.2 na página 75), decidiu-se realizar uma terceira tomada tomográfica (T2) depois de remover eventuais elementos causadores de artefatos, tais como os roletes metálicos (e a resina usada em sua fixação) e o verniz usado para isolamento.

4.7.2 Radiografia

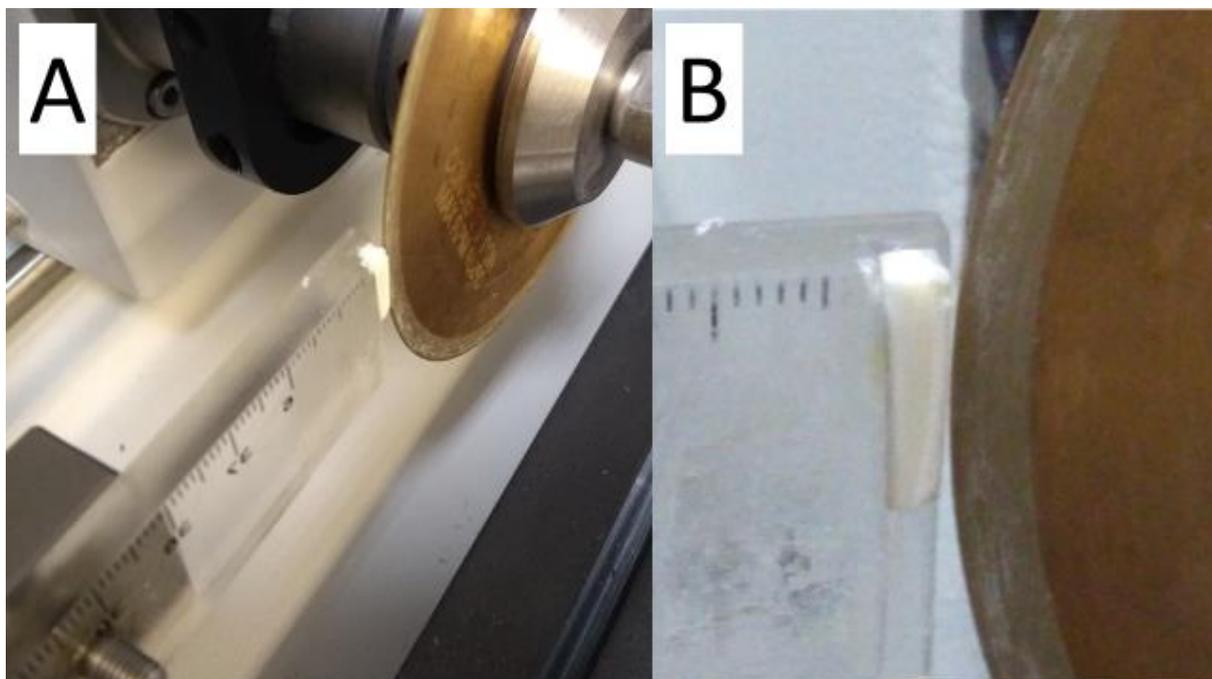
Os espécimes foram radiografados com aparelho de uso odontológico e sensor digital (ver a disposição na Figura 5.6 — A). O tempo de exposição foi variado para otimizar o contraste, de maneira a identificar o maior número possível de estruturas. A mesma disposição foi usada para radiografar tanto palitos inteiros quanto para lâminas seccionadas a partir deles.

O objetivo foi verificar a possibilidade de detecção de pequenas concentrações do traçador, bem como a possibilidade de localização de acúmulos grandes de metal que não podem ser distinguidos visualmente em regiões acima de um certo grau de enegrecimento.

4.7.3 Visualização em cortes de 1 mm

Para fazer a avaliação visual da penetração do traçador nos palitos, eles foram cortados longitudinalmente para obter uma fatia central de 1 mm de espessura, que incluía a região não protegida pelo verniz. As outras duas fatias laterais resultantes, de espessura um pouco menor, por causa do desgaste provocado pelo disco de corte, também foram preservadas para auxiliar na avaliação da fatia central.

Figura 4.19 — Dispositivo para corte da fatia central dos palitos. A — Vista geral. B — Detalhe do suporte em que o palito era posicionado e colado com cola de cianoacrilato



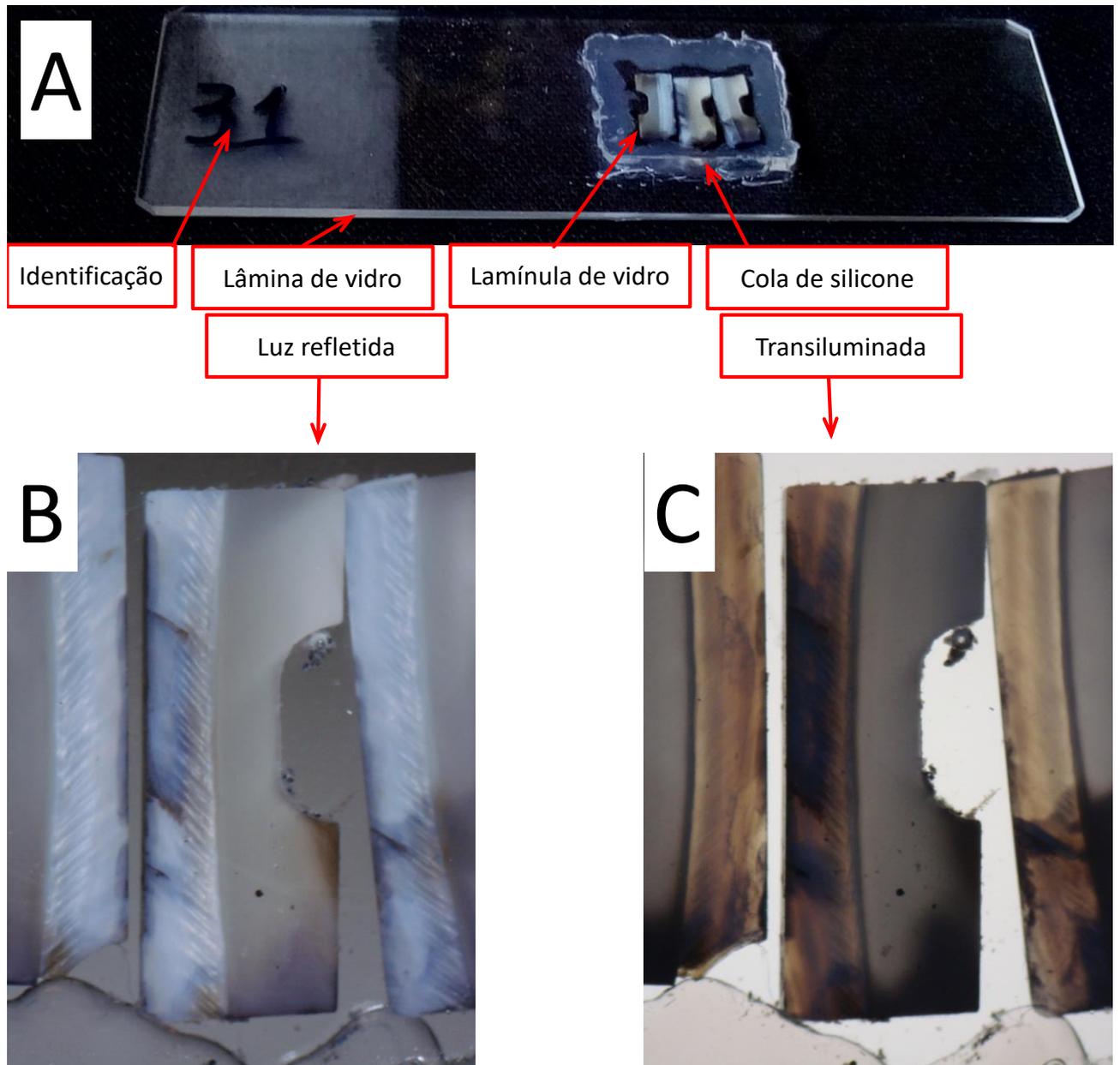
Fonte: a autora

As fatias foram armazenadas em eppendorf contendo álcool absoluto durante uma semana. Posteriormente, o álcool foi substituído por glicerina.

Durante o estudo piloto notou-se uma diferença relevante de percepção do traçador entre o uso de iluminação por reflexão e a transiluminação. Notou-se também que a transiluminação de fatias de 1 mm se tornava inviável à medida que as lâminas de dente secavam, pois se tornavam demasiadamente opacas. Para resolver o problema da opacidade das fatias e obter algum efeito de diafanização da dentina e do esmalte, a água foi substituída por glicerina.

Para poder manter as lâminas de dente imersas em glicerina permanentemente e permitir sua observação em lupa ou microscópio, foram preparadas lâminas de microscopia óptica, cada uma com uma lamínula colada com cola de silicone por três de seus quatro lados. A espessura da cola foi ajustada a 1 mm com a ajuda de quatro pequenos pedaços de espaçador cortado de uma placa de silicone termoplástico para confecção de placas de clareamento. O espaço formado entre lâmina e lamínula foi parcialmente preenchido por glicerina. A seguir, as lâminas de dente foram inseridas e fechou-se a abertura com mais silicone (Figura 4.20 — A).

Figura 4.20 — A: as três lâminas cortadas do palito #31, montadas em lâmina de vidro para microscopia óptica: a lamínula foi colada com cola de silicone e o espaço entre a lâmina lamínula de vidro preenchido com glicerina. B — Imagem da lâmina central do palito #31 obtida com luz refletida. C — Imagem da lâmina central do palito #31 obtida com luz transmitida



Fonte: a autora

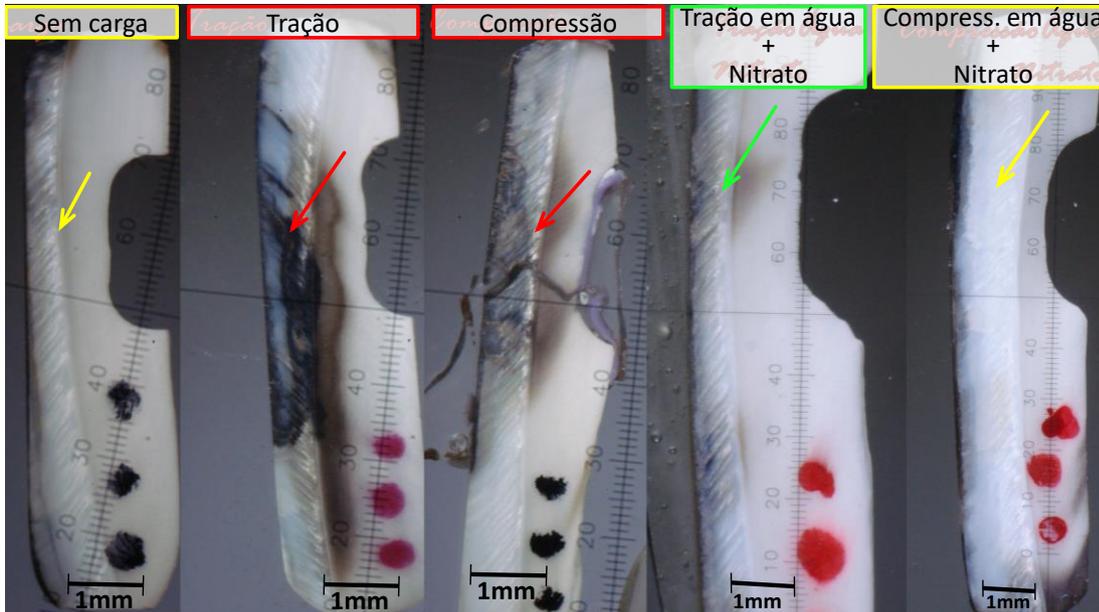
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTUDO PILOTO

A Figura 5.1 apresenta resultados de infiltração em cortes longitudinais de espécimes submetidos a diferentes tipos de tensão, ou sem carga. Na comparação destas imagens parece plausível a hipótese de bombeamento ou circulação forçada de fluido circundante durante a aplicação de tensão cíclica, seja de tração ou de compressão. Infelizmente, não foi possível conseguir repetibilidade destes resultados em um número razoável de espécimes, o que foi atribuído a falhas de padronização e à influência de defeitos imperceptíveis nos espécimes. Notamos, por exemplo:

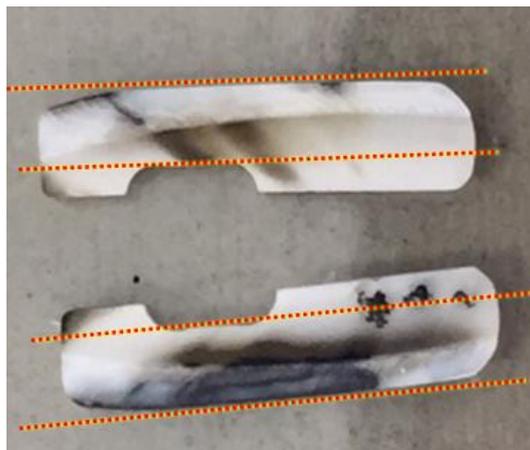
- Que o espécime submetido à tração apresenta prismas inclinados em direção oposta a todos os outros espécimes;
- Desconfiamos de que a penetração do traçador tivesse acontecido através de micro trincas geradas durante a aplicação de cargas cíclicas, pois também se nota uma penetração do traçador no caso de ter aplicado cargas cíclicas de tração antes do contato com o traçador. Neste caso, as trincas também poderiam abrir e fechar durante o carregamento cíclico e forçar a circulação de fluídos: este efeito seria um pouco diferente do proposto, já que dependeria de ter provocado um dano prévio ao tecido (a trinca).
- Não notamos a penetração do traçador no caso do espécime submetido a compressão cíclica e, posteriormente, ao contato com o traçador. Isto também seria compatível com a hipótese de circulação forçada por regiões danificadas (trincas) já que, como o esmalte é muito mais resistente à compressão que à tração, o nível de tensão atingido sob compressão não teria sido suficiente para provocar o dano. Consequentemente, a penetração do corante ocorreria em grau menor, apenas por difusão através do tecido sadio.
- A Figura 5.2 mostra que os espécimes com comprimento de 11,2 mm dificilmente conseguiriam produzir peças com a vestibular completamente plana e espessura de esmalte mais ou menos constante, o que pareceu importante para uniformizar a distribuição de tensões e conseguir resultados mais consistentes.

Figura 5.1 — Fotografias de lâminas longitudinais da região central de espécimes dos cinco grupos expostos ao nitrato, ensaiados no estudo piloto. As setas amarelas apontam para regiões sem penetração de nitrato; as vermelhas para regiões de penetração elevada e a seta verde para penetração leve. O espécime submetido a compressão fraturou depois do teste, durante a remoção do suporte em que estava encaixado



Fonte: a autora

Figura 5.2 — Espécimes cortados com 11,2 mm de comprimento. As linhas pontilhadas evidenciam a dificuldade em conseguir peças sem uma parte da vestibular curvada



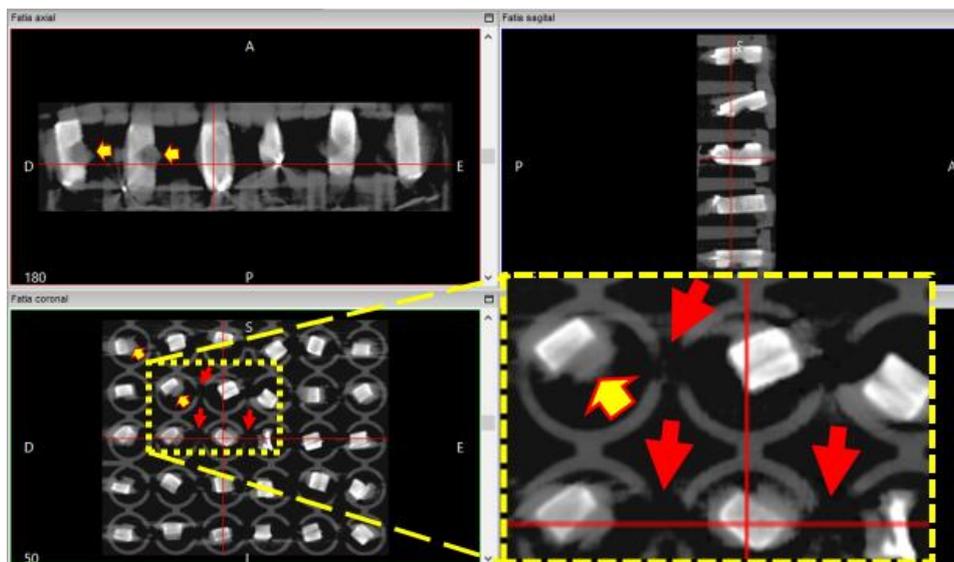
Fonte: a autora

Após o estudo piloto o projeto foi reformulado. Adotaram-se espécimes 3 mm mais curtos e foram construídos diversos acessórios para evitar perdas de espécimes por erros durante o processamento.

5.2 MICRO TOMOGRAFÍAS

Os resultados das micro tomografias iniciais mostraram evidentes artefatos, já nas imagens iniciais (Figura 5.3; Figura 5.4 — A; Figura 5.5 — A). Ainda assim, pensou-se que poderiam ser aproveitadas para comparar as imagens iniciais com as obtidas após o teste.

Figura 5.3 — Imagens produzidas pelo programa InVesalius 3.1.1 a partir da micro tomografia de um dos lotes de espécimes, acondicionados como mostra a Figura 4.18 (página 68). As setas apontam para artefatos produzidos pelo processamento dos dados digitais: as amarelas mostram região com radiopacidade compatível com plástico em local ocupado pelo ar dos entalhes; as vermelhas apontam para o que seria uma descontinuidade no plástico da parede dos poços da placa de ELISA. As linhas retas cruzam em um ponto com radiopacidade inconsistente com o tecido dentário daquela região do palito



Fonte: a autora

No entanto, notou-se que a interação de elementos produtores de artefatos não era constante (provavelmente por não ter controlado detalhes de posicionamento dos espécimes durante a exposição aos raios X) e, conseqüentemente, impediria qualquer comparação.

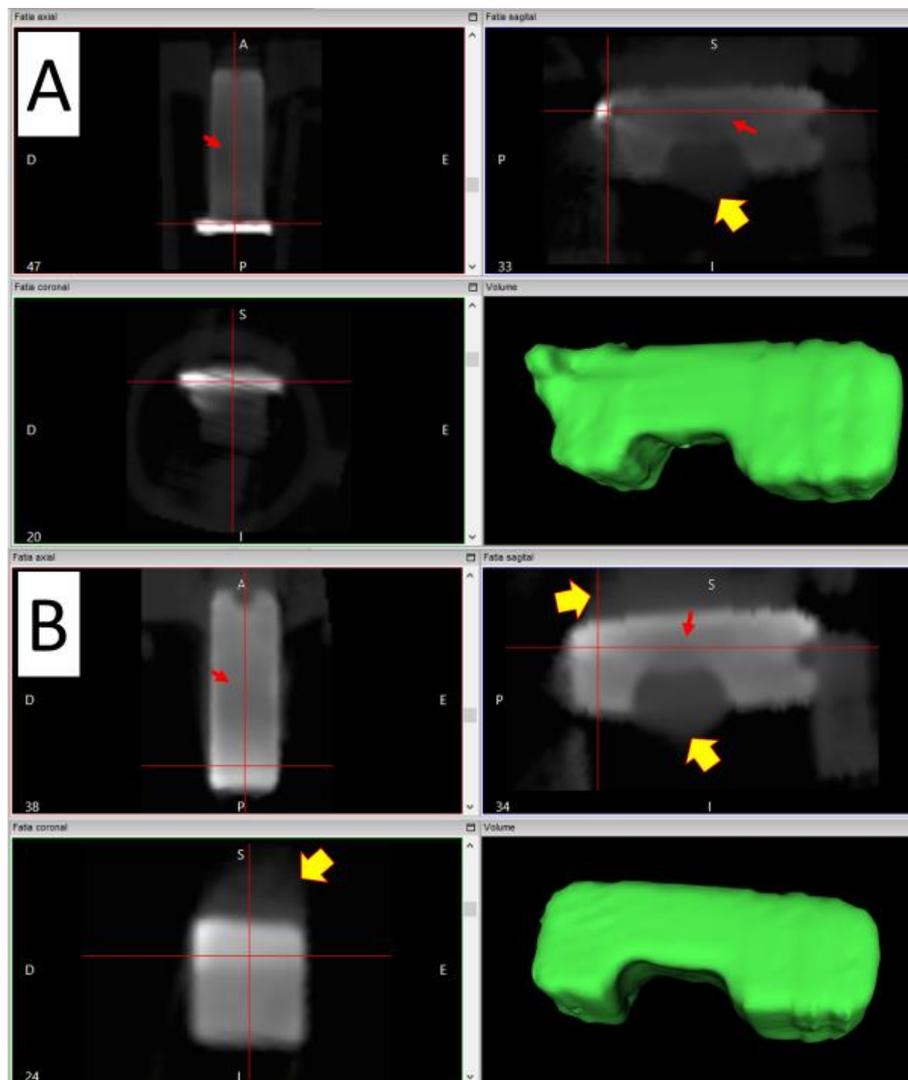
Pode ser feita a seguinte relação de problemas:

- 1) O rolete metálico produzia o conhecido efeito de raios radiopacos à sua volta. Também era produzida uma região radiolúcida que tornava indefinível a região da junção amelo-dentinária abaixo do rolete (Figura 5.4 — A, quadro da direita).

A remoção do rolete eliminava o primeiro efeito, mas apenas diminuía um pouco o segundo (comparação entre a parte A e B da Figura 5.4);

- 2) A região do entalhe era “preenchida” por uma massa radiopaca e, ao mesmo tempo, parecia influir num aumento da radiolucidez da dentina e do esmalte adjacente, apenas na direção vestibular

Figura 5.4 — Imagens tomográficas do espécime #14 (grupo sem carga e sem contato com nitrato) e superfície do volume formado pelos vóxeis com valor de unidades Hunsfield entre 800 e 4215. A — Antes de remover o rolete metálico e o verniz. B — depois de removido o rolete metálico e o verniz. As setas vermelhas apontam uma região de artefato com maior radiolucidez; as setas amarelas regiões de artefato com maior radiopacidade que a que corresponderia ao ar da região

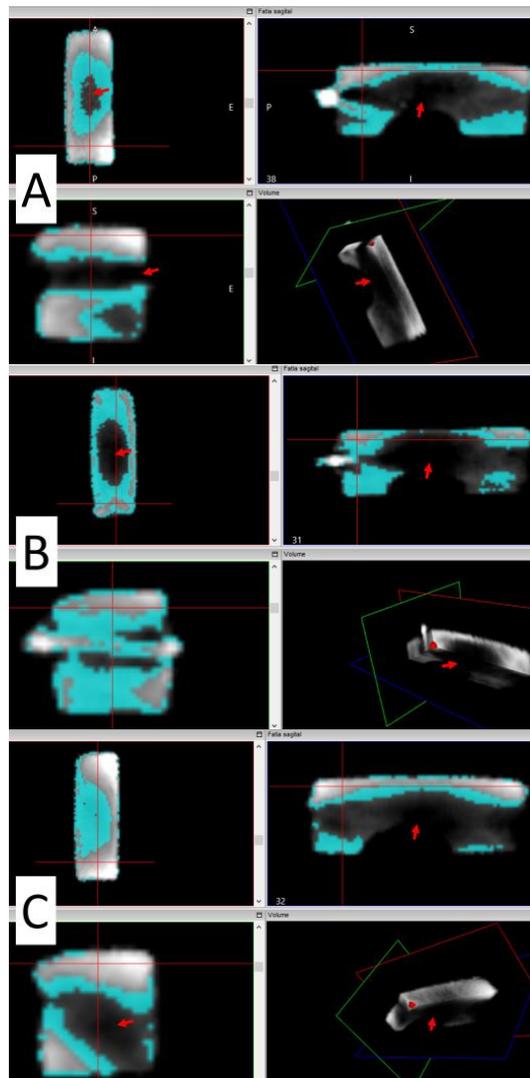


Fonte: a autora

- 3) As regiões do limite superficial do esmalte apareciam anormalmente radiopacas, mesmo antes da exposição ao traçador, especialmente em alguns dos ângulos

diedros e triedros, o que não é possível justificar sem pressupor a ocorrência de artefato (Figura 5.4 — B; Figura 5.5 — C), ainda mais depois de ver o resultado das radiografias (Figura 5.6 — B), que não mostram nenhum indício que justifique esta aparência.

Figura 5.5 — Imagens do espécime #30 destacando em azul o conjunto de vóxeis com valor de unidades Hunsfield entre 1500 e 1999. As setas vermelhas apontam artefatos radiolúcidos. A — Inicial. B — Após aplicação de ciclos mecânicos e exposição ao traçador. C — Após a remoção de rolete e verniz



Fonte: a autora

4) A Figura 5.5 evidencia que não houve uma coerência no cálculo do valor de unidades Hunsfield entre as diversas tomadas, já que a região destacada em azul, correspondente a vóxeis entre 1500 e 1999, varia muito entre a microtomografia inicial (Figura 5.5 — A), após teste (Figura 5.5 — B) e após remoção

do rolete e verniz (Figura 5.5 — C). Esta sequência evidencia também um efeito errático do artefato que provoca radiolucidez entre o entalhe e a superfície do esmalte.

A conclusão que pode ser tirada é que este método, tal e como foi utilizado, não se presta para análise dos resultados do experimento. Poderia ser pensado o seu uso com outros parâmetros de exposição, ou em tomadas individuais dos palitos pois, eventualmente o cômputo de valor de unidades Hunsfield estivesse menos sujeito a erros no caso de eliminar as interferências de objetos adjacentes. Mas, nesse caso, o custo e o tempo de análise tornariam inviável o projeto.

5.3 RADIOGRAFIAS

5.3.1 Radiografias de palitos

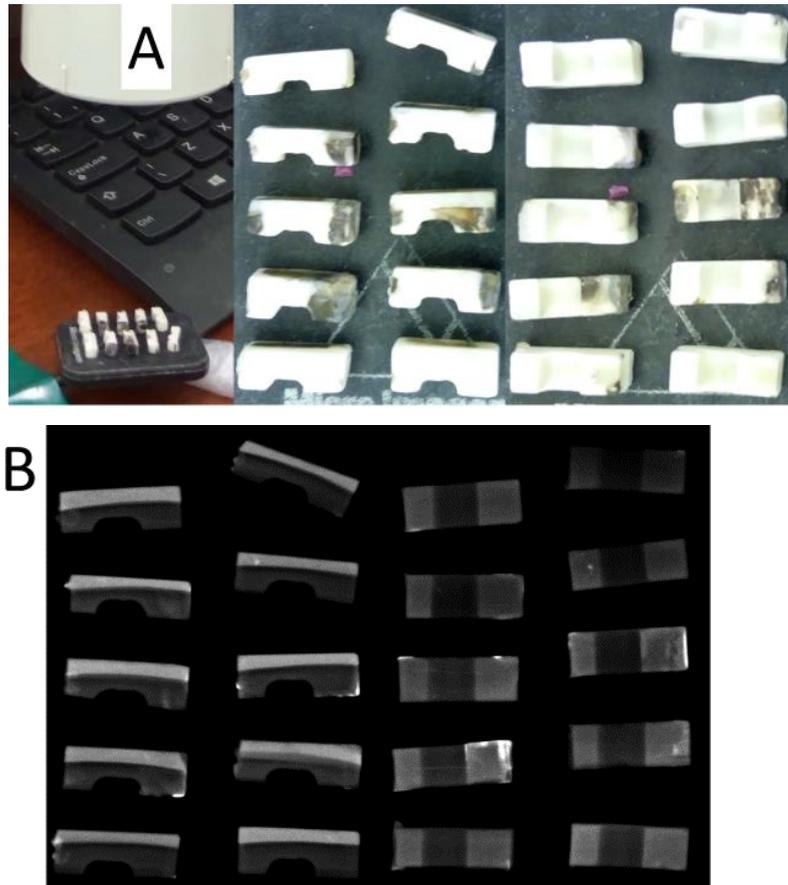
Com os parâmetros radiográficos utilizados, os resultados evidenciam a possibilidade de detecção do traçador apenas em concentrações maiores (Figura 5.6). Basta comparar as imagens das fotografias e as respectivas radiografias para notar áreas muito mais extensas de marcação nas fotografias.

Os palitos foram radiografados em planos perpendiculares. Pode se perceber a dificuldade de se detectarem quantidades do traçador na superfície da dentina quando esta superfície se encontra paralela à superfície do detector de raios X (Figura 5.7). Estas regiões ficam muito mais evidentes se a superfície estiver perpendicular à do detector.

No entanto, com este método também não foi possível evidenciar a penetração diferenciada do traçador nas regiões de esmalte submetidas a tensão cíclica durante o ensaio. Por um lado, a maior radiopacidade do esmalte exigiria uma quantidade maior de traçador que na dentina para ser detectada nas tomadas mesio-distais. Nas tomadas vestibulo-linguais o entalhe dificulta a interpretação.

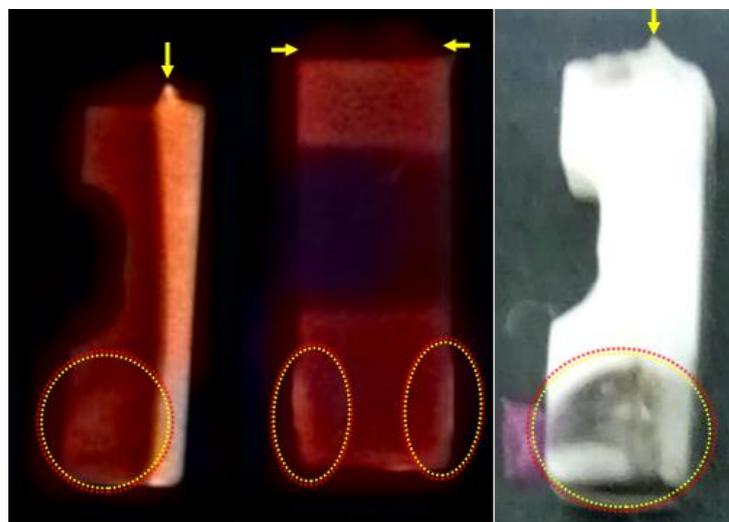
Chama também a atenção uma espessa camada radiolúcida na região da junção amelodentinária.

Figura 5.6 — Palitos da série submetida a tração no traçador. A: disposição dos palitos ao ser radiografados. B — radiografias obtidas



Fonte: a autora

Figura 5.7 — Radiografias colorizadas automaticamente e fotografia do palito #33, ampliadas da Figura 5.6. As setas apontam para um resíduo de resina que ajudou a manter o rolete em posição. As elipses circundam manchas do traçador

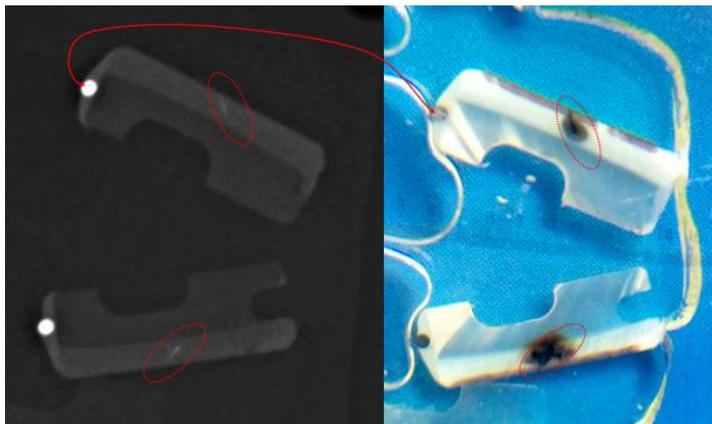


Fonte: a autora

5.3.2 Radiografias de lâminas de 1 mm de espessura

Ao radiografar as fatias obtidas dos palitos é possível diminuir alguns dos inconvenientes oriundos da sobreposição da imagem do traçador em diversas profundidades. No entanto, permanece o problema principal: com os parâmetros radiográficos utilizados só parece possível detectar os maiores acúmulos do traçador. Parece razoável estimar que existam outros parâmetros que permitam melhorar o nível mínimo de detecção; por exemplo, diminuindo a Kilovoltagem e aumentando o tempo de exposição. Mas os aparelhos de que dispúnhamos não permitiam esta regulagem.

Figura 5.8 — Fatias de 1 mm radiografadas e fotografadas em lupa. Espécime submetido à tração. Os destaques estabelecem correspondências entre os dois tipos de imagens



Fonte: a autora

Da análise das radiografias obtidas nas condições do experimento, podemos tirar as seguintes conclusões:

- 1) Parecem úteis para complementar a informação obtida por fotografias, que não conseguem distinguir diferenças em regiões densamente enegrecidas;
- 2) São ineficazes para detectar regiões de baixa densidade do traçador; mas o método parece promissor se for possível regular a Kilovoltagem e tempo de exposição dentro de limites mais amplos que os que permitem os aparelhos de uso odontológico.

5.4 AVALIAÇÃO POR LUPA EM CORTES

Figura 5.9 — Fotografias de todas as fatias centrais, de 1 mm. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 49



Fonte: a autora

Figura 5.10 — Fotografias das fatias centrais do grupo 1. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 49

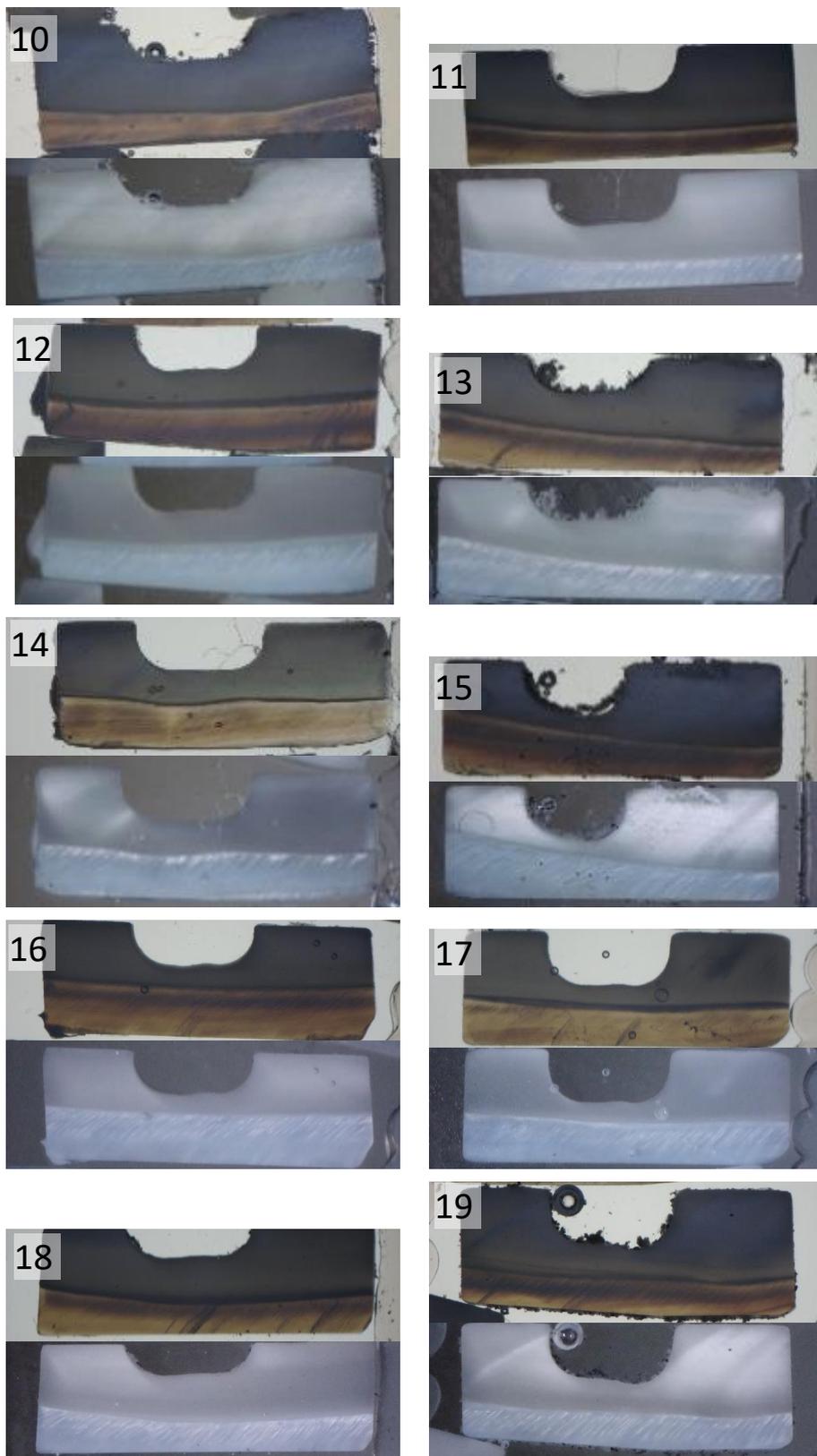


Figura 5.11 — Fotografias das fatias centrais do grupo 2. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 49

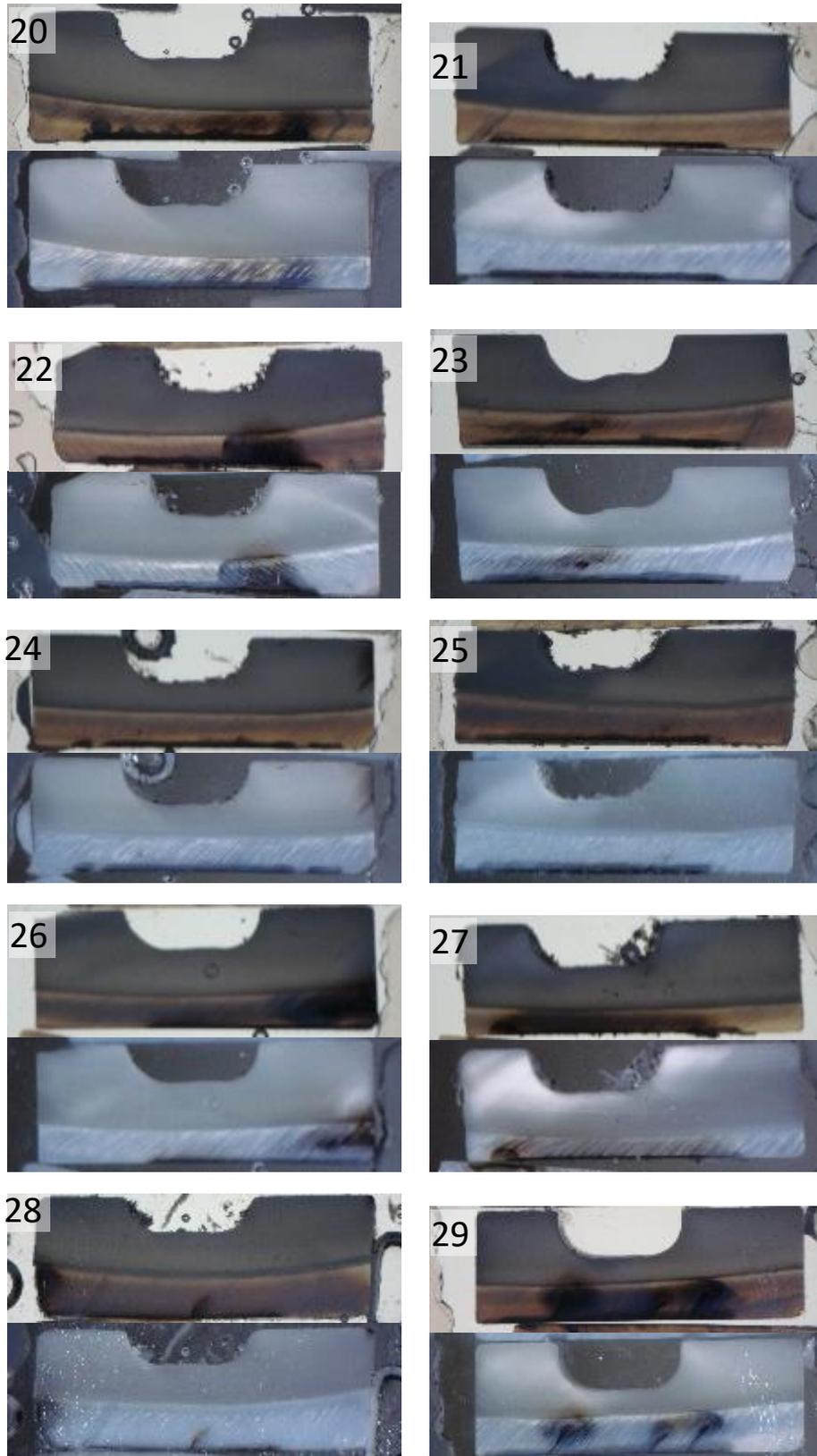


Figura 5.12 — Fotografias das fatias centrais do grupo 3. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 49

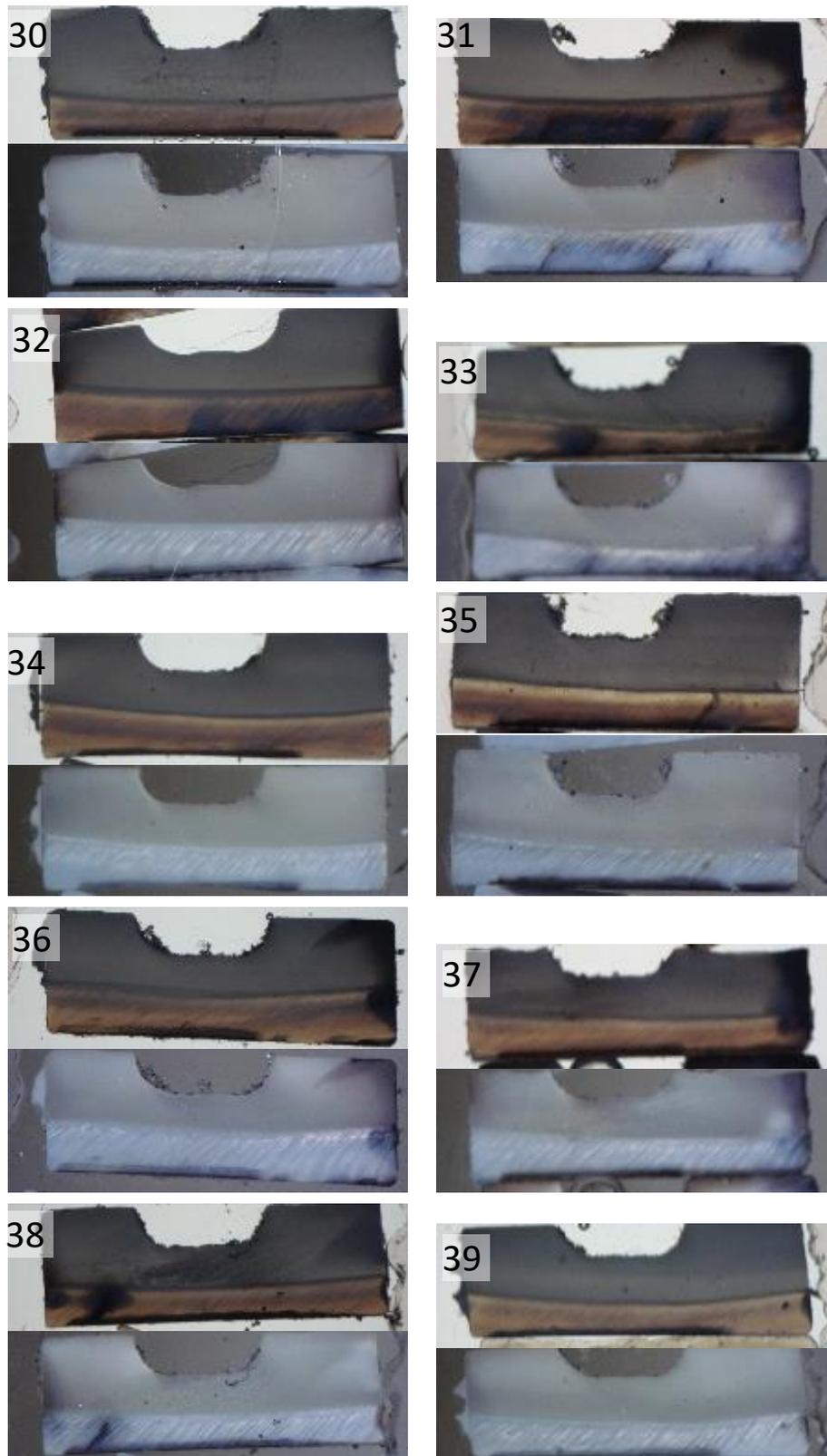


Figura 5.13 — Fotografias das fatias centrais do grupo 4. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 49

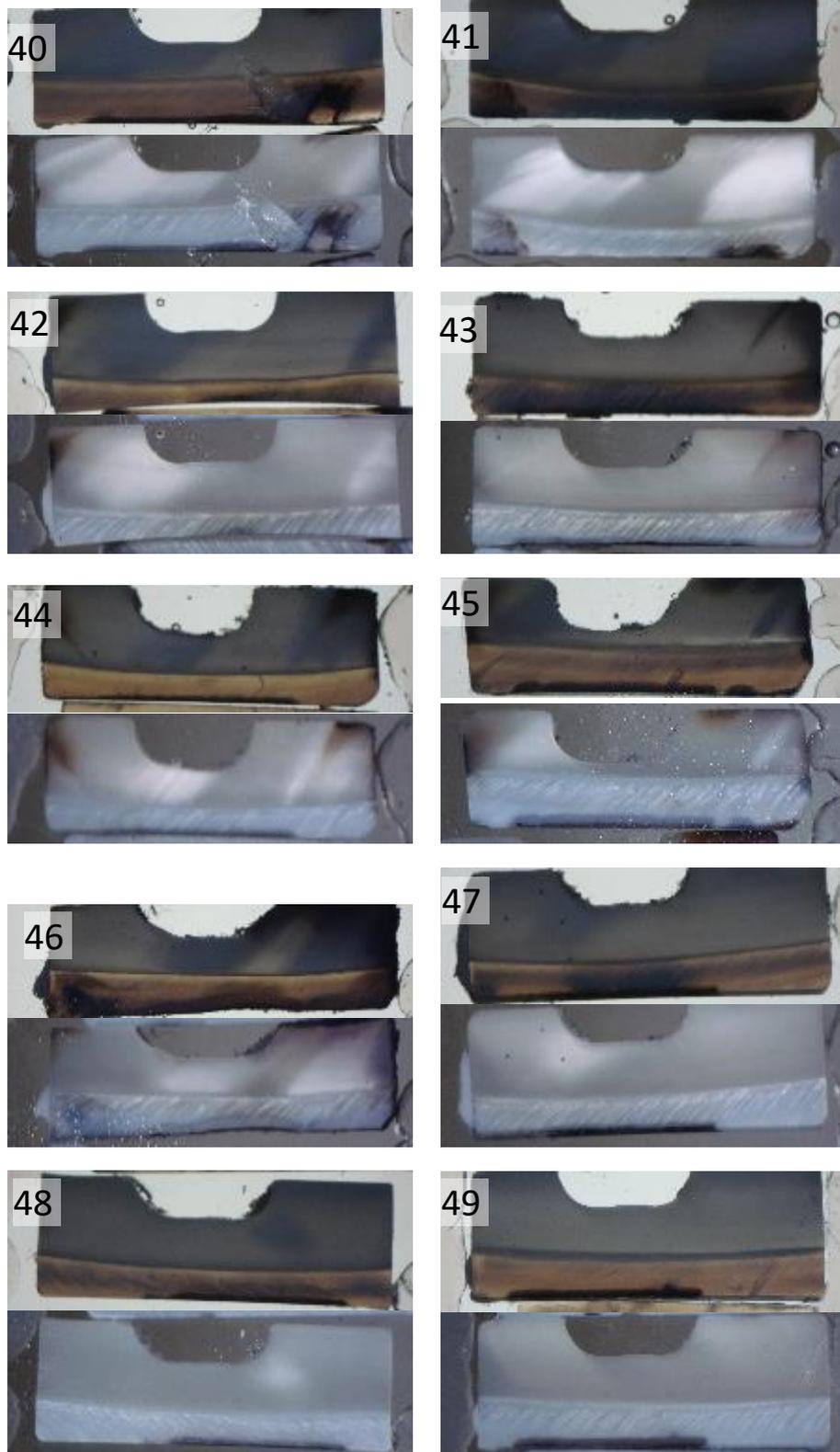


Figura 5.14 — Fotografias das fatias centrais do grupo 5. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 49

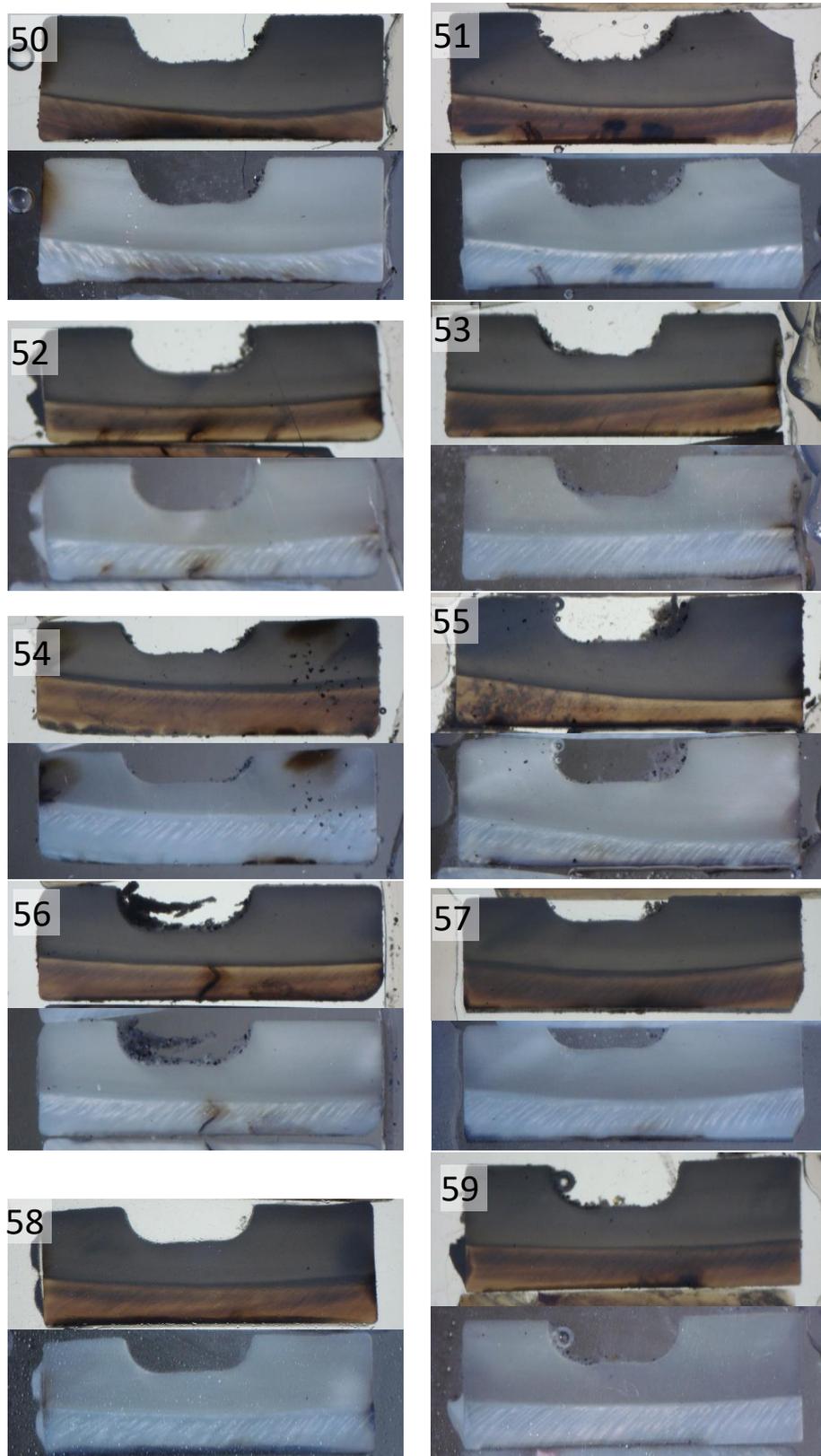
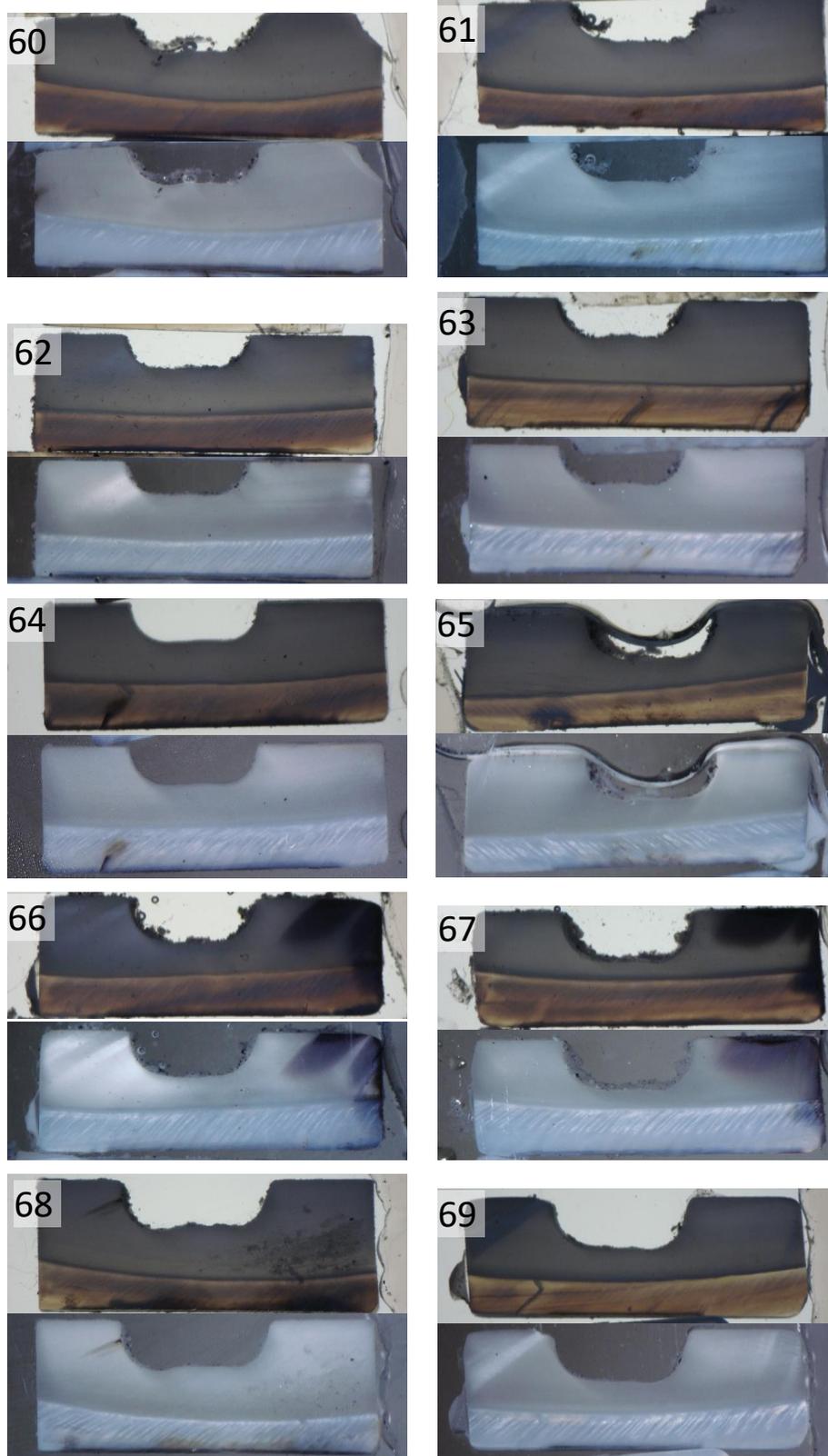


Figura 5.15 — Fotografias das fatias centrais do grupo 6. As imagens são as mesmas da Figura 5.9, ampliadas para facilitar a visualização de detalhes. Cada número identifica o espécime, fotografado sob luz refletida e transiluminado; grupos descritos no item 4.2, página 49



Para avaliar os efeitos dos tratamentos nas imagens é preciso, em primeiro lugar, verificar a variedade dos padrões encontrados nos espécimes dos grupos controles:

1) No grupo sem exposição ao nitrato (grupo 1, no qual o algarismo 1 é o primeiro número de identificação) notamos que:

a) Nos espécimes iluminados por reflexão notamos tons de cinza variados e não uniformes:

(i) No esmalte de todos eles pode se notar linhas inclinadas (estriações transversais) que percorrem toda a espessura, correspondentes ao caminho dos prismas.

(ii) A dentina apresenta normalmente uma região mais escura logo abaixo do esmalte, cuja espessura às vezes é uniforme (espécimes 10 e 19), mas normalmente é irregular e pode chegar a ocupar praticamente toda a dentina (espécimes 12 e 17).

(iii) Há casos em que a dentina mostra evidências do percurso inclinado dos túbulos dentinários (espécimes 10, 14, 15 e 19), mas outros em que não se nota claramente este padrão (espécimes 12 e 18).

b) Nos espécimes transiluminados:

(i) O esmalte apresenta cor acastanhada, com bastante variação entre os espécimes: uns muito mais claros (14) que outros (15).

(ii) Apenas os espécimes 14 e 17 apresentam uma cor relativamente uniforme do esmalte, marcada por poucas linhas estreitas e pequenas manchas.

(iii) Na maior parte dos espécimes, o esmalte próximo da dentina apresenta uma estreita faixa clara, seguida por uma outra escura, cuja espessura pode vir a ocupar a quase totalidade do remanescente do esmalte. A faixa mais escura poderia ser identificada como a zona de decussação dos prismas. O desgaste realizado na superfície vestibular do esmalte costuma atingir esta região mais escura, embora nem sempre, como nos espécimes 16, 18 e 19.

(iv) Alguns espécimes apresentam alguns riscos escuros, bem definidos, acompanhando a inclinação dos prismas. São as lamelas: regiões hipomineralizadas que se estendem da junção amelodentinária até a superfície externa do esmalte. Estas estruturas, como no caso dos espécimes 12, 13 e 18, não são evidentes na iluminação por reflexão.

- (v) A dentina próxima da junção aparece com uma faixa escura, normalmente de espessura uniforme (exceto para o espécime 15).
- 2) No grupo controle exposto ao nitrato sem exposição à tensão (espécimes identificados com o 2 como primeiro algarismo) aparecem diferenças evidentes em relação ao grupo 1:
- a) Em primeiro lugar, os diferentes padrões de manchamento são detectáveis tanto por reflexão como por transiluminação: uma vista confirma a outra.
 - b) No mínimo, uma fina faixa muito enegrecida aparece na superfície do esmalte exposto de todos os espécimes. Na transiluminação, esta faixa aparece também opaca.
 - c) Em dois espécimes (22 e 27) aparece também um manchamento espalhado, mais profundo, menos intenso que o anterior e uniforme do esmalte. Pode alcançar e se espalhar pela dentina, marcando mais pronunciadamente a região da junção.
 - d) O espécime 28 apresenta um risco compatível com infiltração em uma trinca (inicia-se na superfície e para na zona de decussação), mas basicamente limitada à fenda da trinca. Já no espécime 29 é possível distinguir, além da infiltração nas 3 trincas, um espalhamento do traçador radialmente, em todas as direções, a partir do fundo da trinca.
 - e) Dois espécimes (20 e 23) parecem apresentar facilidade de espalhamento do traçador em algumas regiões da zona de decussação.
- 3) Nos grupos controles expostos à tração ou à compressão antes que ao nitrato (grupos 5 e 6) observamos os mesmos padrões de penetração que no grupo 2, o que quer dizer que a tensão não deve ter provocado danos adicionais pelos quais o traçador possa penetrar passivamente. O espécime 56 apresenta uma lamela, que parece se constituir em uma via de penetração facilitada do traçador, como também aconteceu com a lamela do espécime 64. Mas o contrário se constata na lamela do espécime 69 (controle submetido a compressão prévia), em que não vemos a marcação do traçador. Como vemos, as lamelas não foram ocorrências frequentes, e não podemos afirmar que sempre facilitem a penetração do traçador, como seria de se esperar pela sua hipomineralização.
- 4) Os espécimes 50, 54, 66 e 67 apresentaram manchamento na dentina, aparentando que o traçador tenha entrado por local de falha da vedação do verniz, seja na região da base, seja na do rolete.

Considerando tudo o que foi dito a respeito dos grupos controles, ao exame dos grupos submetidos simultaneamente ao traçador e ciclos mecânicos (grupos 3 e 4), notamos que os padrões de penetração do traçador são semelhantes aos dos controles nos seguintes aspectos:

- 1) Todos apresentam a camada superficial muito enegrecida e aproximadamente da mesma espessura;
- 2) Existem espécimes (30, 34, 36, 37, 39, 40, 44, 45 e 49) em que a marcação se limitou a esta linha escura e opaca.
- 3) Existem espécimes que, à linha preta e opaca acrescentam regiões de penetração mais profunda, difusa e que produzem uma mancha mais suave (31, 32, 43, 46 e 47).
- 4) Existem espécimes em que a penetração parece ter ocorrido em trincas, densamente marcadas, a partir das quais aparece um manchamento difuso (38 e 40).
- 5) Notamos casos de lamelas, uma infiltrada (35) e outra aparentemente não manchada (44).

Como diferença, mas de interpretação e utilidade duvidosa para a proposta deste estudo, chama a atenção a frequência de casos em que ocorreu infiltração por falha no isolamento do verniz (31, 32, 33, 36, 37, 38, 40, 41, 43, 44, 45 e 46). Talvez seja porque, se a falha do vedamento for concomitante com a aplicação da carga, as deformações cíclicas da base ou do rolete facilitem a entrada do traçador por bombeamento, já que pode mudar, a cada ciclo, o volume da fresta formada entre o verniz e o dente.

Em conclusão, parece que o efeito de circulação forçada de fluido circundante por ação da deformação do esmalte não se confirmou dentro dos parâmetros deste estudo.

Parece claro que o traçador é capaz de penetrar e marcar regiões do esmalte, apesar de ser este um tecido compacto e mineralizado, mas parece não haver diferença clara na penetração entre os diferentes grupos. Isto quereria dizer que:

- 1) A penetração só ocorreu por difusão passiva, já que não se diferenciou apreciavelmente em nenhum dos grupos, que parecem equivalentes ao grupo 2, no qual apenas pode ter acontecido penetração por difusão simples.
- 2) A hipótese de bombeamento ou circulação forçada não se confirmou dentro dos parâmetros deste estudo. Isto pode ter ocorrido por vários motivos:

a) A hipótese não é correta;

b) Os parâmetros dos ensaios não foram corretamente fixados:

(i) O valor da carga cíclica pode ter sido muito pequeno. Durante o experimento piloto alguns espécimes chegaram a fraturar, coisa que não ocorreu no experimento final em nenhum caso. Seria preciso estabelecer novamente este parâmetro, de maneira a garantir que foi atingido um nível de tensão mais extremo.

No ensaio piloto os espécimes começaram tendo medida de 1,2 mm na largura do pescoço, sendo 1,0 mm de esmalte (ver Figura 5.1 na página 74). Alguns espécimes fraturaram durante a aplicação de carga, o que foi atribuído à baixa resistência do esmalte e, para resolver, aumentou-se a largura para 2 mm (1 mm de esmalte e 1 mm de dentina). Como a carga foi mantida, reduziu-se a tensão.

Um outro elemento que leva a pensar que a tensão foi muito maior no piloto é o fato de que, por ter utilizado comprimento de 11 mm nos palitos e, posteriormente não termos conseguido dentes de comprimento suficiente, fomos forçados a aceitar palitos que ainda conservavam um certo grau de curvatura (ver Figura 5.2 na página 74). Alguns desses espécimes podem ter manifestado o efeito de bombeamento em condições aparentemente semelhantes às do experimento final mas, devido ao maior comprimento do palito e à curvatura, as tensões podem ter sido bem maiores no piloto.

(ii) Não parece razoável pensar que o número de ciclos tenha sido insuficiente:

➤ Por um lado, o tempo de contato com o traçador nos grupos 2, 5 e 6 parece ter sido suficiente para notar o efeito de difusão passiva em todos os casos e, em quase todos os casos, ainda restava uma espessura suficiente de esmalte sem infiltrar.

➤ Por outro lado, a relação de 1/5 de tempo de carregamento / tempo de alívio de carga, em ciclos de 30 segundos, parece bem condizente com os tempos de apertamento clínico, por considerar (47) que a média de duração de eventos de apertamento em 10 pacientes com bruxismo foi de $7,1 \pm 5,3$ segundos. A força desenvolvida pelos pacientes (que, neste caso, variou entre 16 e 81 Kgf) tem menor valor para definir o nível de carga usado, já que, com apenas este tipo de dado, é impossível estimar

o nível de tensão desenvolvida na região cervical. Um aspecto de balizamento que parece útil seria considerar que não há relatos de fraturas dentais durante episódios de bruxismo.

- (iii) Outra possibilidade, radical quanto à fixação de parâmetros do experimento, seria trabalhar com uma configuração de teste mecânico mais parecida com a utilizada pelo pesquisador que descreveu o comportamento do esmalte como esponja rígida, representado na Figura 5.16. Neste caso apareceriam novos problemas: por exemplo, a área de avaliação deveria mudar para a região próxima da esfera, que foi também a região de maior deformação avaliada pelo pesquisador. Ali, por ocorrer algum grau de atrito, o eventual bombeamento encontrado não poderia ser atribuído exclusivamente à deformação do esmalte. Além do mais, não seria possível fazer a distinção entre tensões de tração ou compressão: as tensões previstas serão complexas e dificilmente comparáveis com as normalmente desenvolvidas na cervical.

Figura 5.16 — Configuração do experimento do pesquisador que descreveu o esmalte como esponja rígida (45)



Fonte: parte da figura 1 (b) em publicação de Fox, 1980 (45).

- c) As condições do ensaio não foram corretamente executadas; por exemplo:
- (i) Existem indícios de que a carga para provocar a tensão de tração terminou sendo aplicada num local diferente do previsto. Basta notar que, nos espécimes 34, 36 e 39: os resquícios de resina de fixação do rolete se encontram muito pouco distantes da borda vestibular do esmalte (deveriam se encontrar alinhados com uma linha que passasse pela parede do fundo do entalhe). Assim, o dobramento e a tração podem não ter acontecido: apenas compressão.

- (ii) Outras variações encontradas nos espécimes parecem inevitáveis: presença eventual de trincas ou lamelas, espessura irregular do esmalte, propriedades mecânicas variáveis do tecido, etc.
- (iii) Seria conveniente conseguir acertar melhor detalhes da técnica de produção do entalhe para evitar variações como as que existem no espécime 23 (um aprofundamento irregular do entalhe coincidiu com um ponto de penetração aumentada, mesmo sem tensão), ou nos 37 e 46 (com curvatura um pouco diferente).

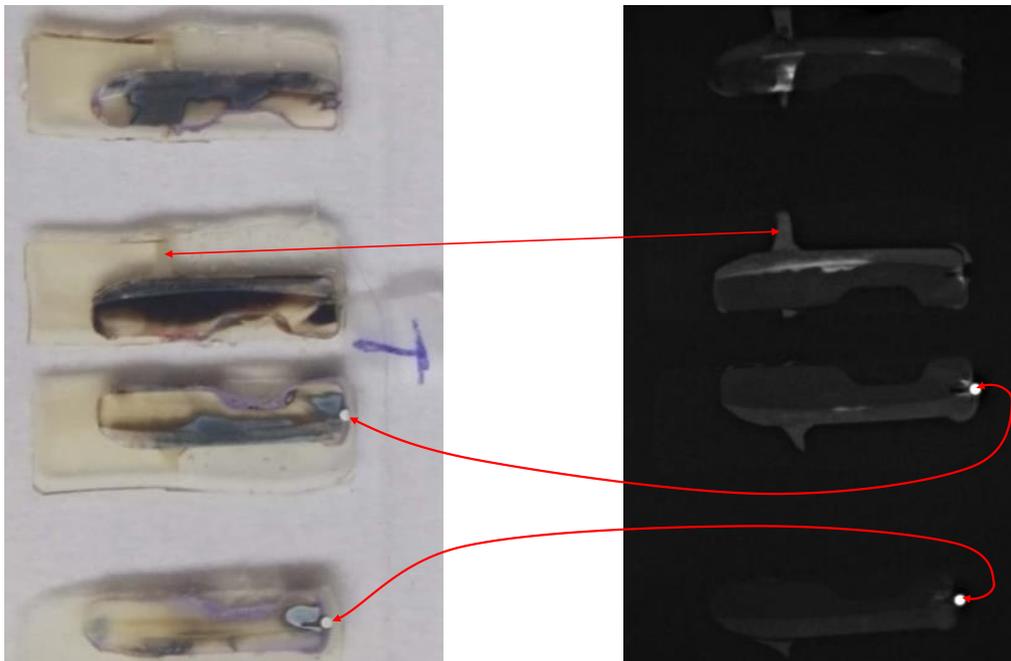
5.5 OUTRAS COMPARAÇÕES ENTRE MÉTODOS DE DETECÇÃO

A radiografia de fatias parece ser um método útil para conseguir distinguir as regiões de maior acúmulo de traçador, que não se conseguem distinguir nas fotografias. Olhando a Figura 5.17 à Figura 5.20 fica evidente a realidade desta afirmação.

Na Figura 5.17 notamos intensa radiopacidade na primeira fatia, uma das laterais do espécime, na região em que o palito ficou engastado no suporte de resina de poliéster. O acúmulo de prata neste local pode ter sido devido a um acúmulo de tensões (e bombeamento) por causa de um pequeno desalinhamento do palito em relação à carga. Algum efeito semelhante pode ter acontecido nas outras três fatias, na região em que o rolete se apoiou na dentina. No entanto, esta interpretação do acúmulo de prata não é a única possível, pois poderia ser explicado também pela falha do isolamento do verniz, por rasgamento, motivado pela deformação no local; o bombeamento poderia ter sido provocado não pela tensão, mas pelo deslocamento da membrana de isolamento rasgada.

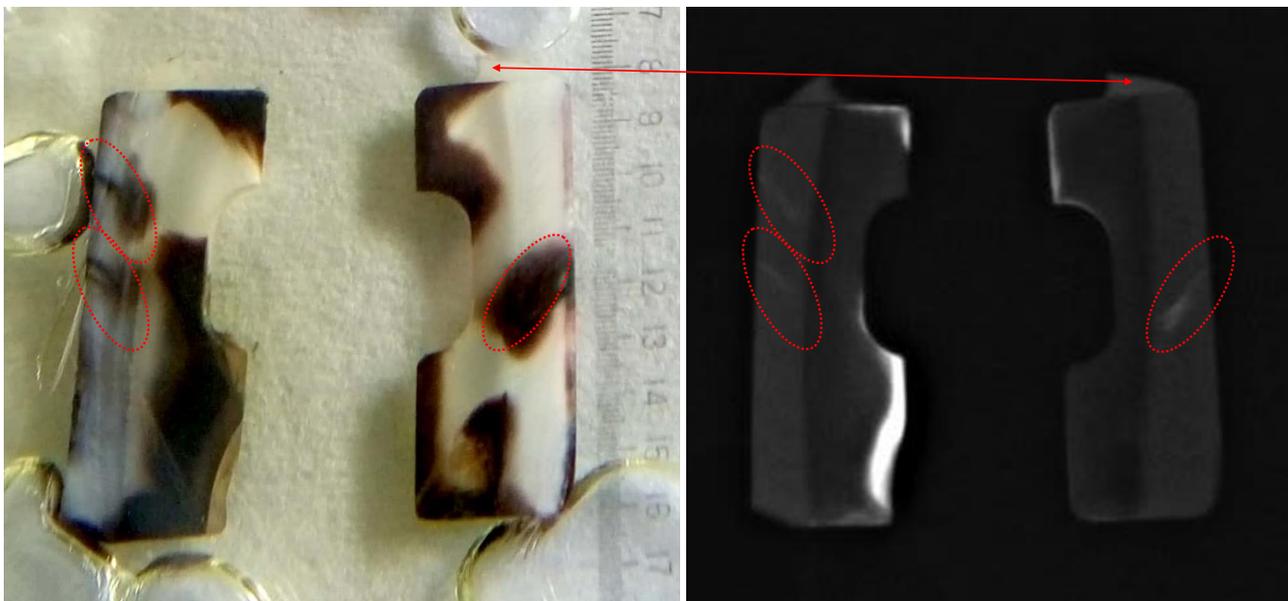
Na Figura 5.19 destaca-se uma região radiopaca (de grande acúmulo de prata) que não se corresponde com aparência muito enegrecida na fotografia de luz refletida. Isto só parece possível pela elevada opacidade do tecido seco, que consegue mascarar a cor subjacente. Nesta mesma figura notamos que é possível encontrar grande acúmulo de prata não apenas na dentina (mais porosa, especialmente na região da junção — ver, por exemplo, a segunda fatia da Figura 5.17), mas também em áreas de esmalte que suporíamos bastante compactas.

Figura 5.17 — Espécime 14 do piloto, ensaiado sob tração em nitrato. Notar que o rolete foi fixado em um canal desgastado. As linhas terminadas em setas indicam pontos correspondentes entre a radiografia e a fotografia



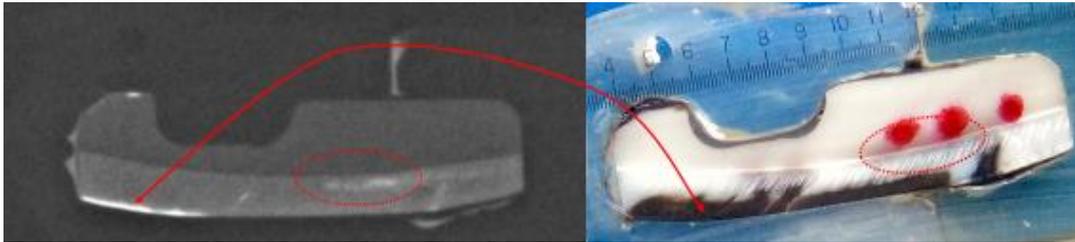
Fonte: a autora

Figura 5.18 — Lâminas do espécime 32 do piloto, ensaiado sob tração em nitrato



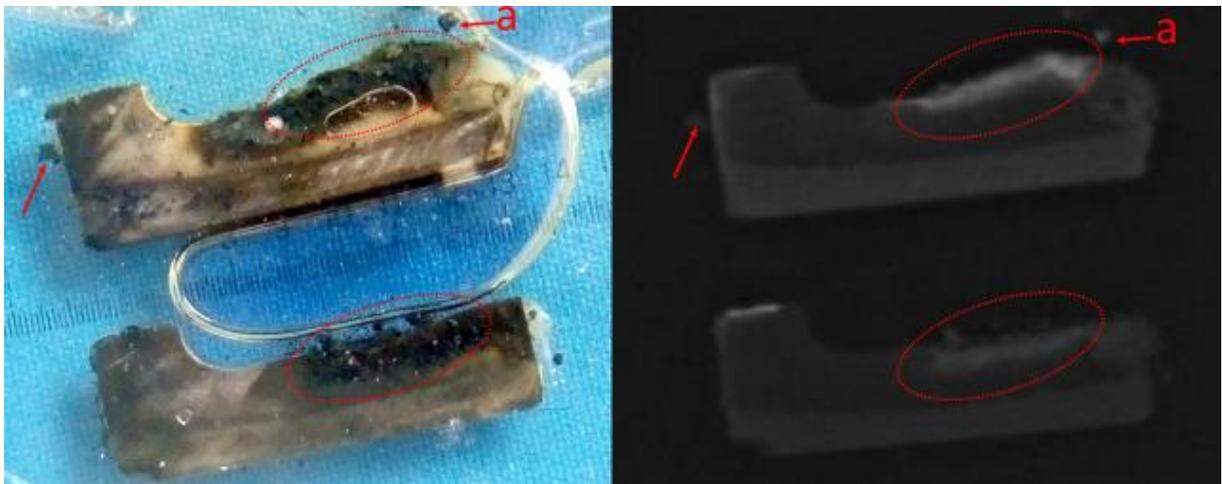
Fonte: a autora

Figura 5.19 — Imagem da lâmina 17 do piloto, ensaiado sob tração em nitrato



Fonte: a autora

Figura 5.20 — Espécime T4 do piloto. Ensaiado sob tração em nitrato, soltou-se do encaixe durante a ciclagem e tombou. Perdeu a proteção de verniz e a dentina ficou muito impregnada. Durante a fase do corte e preparo da lâmina começou a estufar e soltar fragmentos

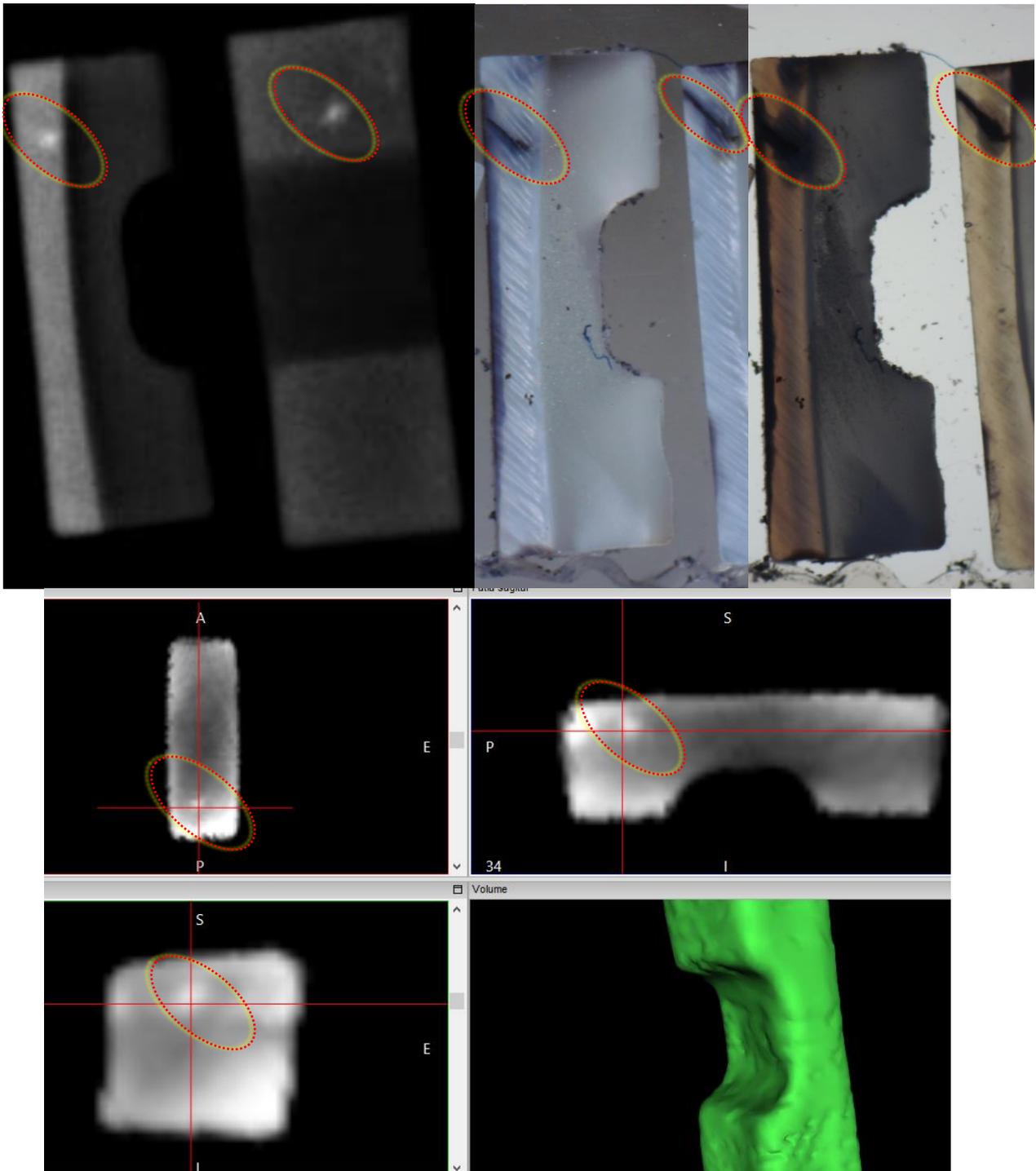


Fonte: a autora

A Figura 5.20 mostra um dos casos em que alguma região do espécime apresentou tanto acúmulo de prata (o que é garantido pela radiopacidade correspondente) que, durante o preparo começou a esfurelar (notar pequenos fragmentos desprendidos), ao parecer devido à força desenvolvida pela formação e crescimento interno de cristais de prata.

A Figura 5.21 evidencia a dificuldade de interpretação (e consequente pobreza de informações) do resultado da micro tomografia quando comparada com a radiografia ou com a observação de fatias na lupa. As elipses circundam o acúmulo de prata na região do esmalte, detectado em todos os meios de visualização. Mas a micro tomografia mostra outras regiões radiopacas e radiolúcidas que não têm nenhuma correspondência nas outras visualizações e, conseqüentemente, não se justificam senão por artefato próprio da técnica. Isto parece inviabilizar o uso deste tipo de micro tomografia para a finalidade deste tipo de estudo.

Figura 5.21 — Imagens do espécime 38 obtidas por radiografia, lupa e micro tomografia



Fonte: a autora

6 CONCLUSÕES

Dentro das limitações do estudo parece possível concluir que:

- 1) Existem variações de padrão de coloração natural do esmalte de incisivos bovinos, observadas em cortes de 1 mm de espessura, especialmente quando transiluminados.
- 2) Todos os espécimes expostos ao traçador, independentemente do grupo experimental, apresentaram alguma infiltração, pelo menos numa camada fina e uniforme da superfície exposta.
- 3) Além da fina camada marcada, existe variação de padrões de penetração do traçador no esmalte dentro dos espécimes, mesmo entre os que receberam um mesmo tratamento experimental, o que pode ser devido a variações inevitáveis no histórico de cada dente. Isto, apesar de se tornar um inconveniente para identificar um possível efeito de bombeamento, poderia ser identificado também como um indicador de que podem existir diferenças na velocidade e profundidade de penetração no esmalte de outras moléculas como, por exemplo, as dos ácidos.
- 4) O corante traçador à base de nitrato de prata penetrou no esmalte dos espécimes de incisivos bovinos sem diferenças claras de padrão de penetração entre os diferentes grupos.

REFERÊNCIAS¹

1. Garone-Filho W, Silva Va. Lesões não cariosas - O Novo Desafio da Odontologia. São Paulo; Santos; 2008.
2. Lussi A. Dental erosion. From diagnosis to therapy. G.M. Whitford Augusta G, editor; Karger; 2006.
3. Douglas WH, Fields RP, Fundingsland J. A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. J Dent. 1989;Aug;17(4):184-8
4. Wood I, Jawad Z, Paisley C, Brunton P. Non-cariou cervical tooth surface loss: a literature review. J Dent. 2008;Oct;36(10):759-66.doi: S0300-5712(08)00191-7 [pii] 10.1016/j.jdent.2008.06.004.
5. Lussi A. Erosive tooth wear - a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. Monogr Oral Sci. 200620:1-8.doi: 10.1159/000093343.
6. Miller WD. Experiments and Observations on the Wasting of Tooth Tissue Variously designated as Errosion, Abrasion, Chemical Abrasion, Denudation, Etc. Dental Cosmos. 190749(1):1-23
7. Bernhardt O, Gesch D, Schwahn C, Mack F, Meyer G, John U, et al. Epidemiological evaluation of the multifactorial aetiology of abfractions. J Oral Rehabil. 2006;Jan;33(1):17-25.doi: 10.1111/j.1365-2842.2006.01532.x.
8. Uhlen MM, Tveit AB, Stenhagen KR, Mulic A. Self-induced vomiting and dental erosion--a clinical study. BMC Oral Health. 2014;Jul 29;14:92.doi: 10.1186/1472-6831-14-92.
9. Senna P, Del Bel Cury A, Rosing C. Non-cariou cervical lesions and occlusion: a systematic review of clinical studies. J Oral Rehabil. 2012;Jun;39(6):450-62.doi: 10.1111/j.1365-2842.2012.02290.x.
10. Levitch LC, Bader JD, Shugars DA, Heymann HO. Non-cariou cervical lesions. J Dent. 1994;Aug;22(4):195-207

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

11. Pegoraro LF, Scolaro JM, Conti PC, Telles D, Pegoraro TA. Noncarious cervical lesions in adults: prevalence and occlusal aspects. *J Am Dent Assoc.* 2005;Dec;136(12):1694-700
12. Jarvinen V, Rytomaa I, Meurman JH. Location of dental erosion in a referred population. *Caries Res.* 1992;26(5):391-6.doi: 10.1159/000261474.
13. Lussi A, Schaffner M. Dental erosion in a population of swiss adults. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1991
14. Khan F, Young WG, Shahabi S, Daley TJ. Dental cervical lesions associated with occlusal erosion and attrition. *Aust Dent J.* 1999;Sep;44(3):176-86
15. Borcic J, Anic I, Urek MM, Ferreri S. The prevalence of non-carious cervical lesions in permanent dentition. *J Oral Rehabil.* 2004;Feb;31(2):117-23.doi: 1223 [pii].
16. Sognaes RF, Wolcott RB, Xhonga FA. Dental Erosion: I. Erosion-like Patterns Occurring in Association with Other Dental Conditions. *The Journal of the American Dental Association.* 1972;84(3):571-6.doi: 10.14219/jada.archive.1972.0116.
17. Xhonga FA, Valdmanis S. Geographic comparisons of the incidence of dental erosion: a two centre study. *J Oral Rehabil.* 1983;May;10(3):269-77
18. Xhonga FA. Bruxism an effect on the teeth. *J Oral Rehabil.* 1977;4:65-76
19. Brandini DA, Trevisan CL, Panzarini SR, Pedrini D. Clinical evaluation of the association between noncarious cervical lesions and occlusal forces. *J Prosthet Dent.* 2012;Nov;108(5):298-303.doi: 10.1016/S0022-3913(12)60180-2.
20. Telles D, Pegoraro LF, Pereira JC. Incidence of noncarious cervical lesions and their relation to the presence of wear facets. *J Esthet Restor Dent.* 2006;18(4):178-83; discussion 84.doi: JERD015 [pii] 10.1111/j.1708-8240.2006.00015.x.
21. Spranger H. Investigation into the genesis of angular lesions at the cervical region of teeth. *Quintessence Int.* 1995;Feb;26(2):149-54

22. Black GV. A Work on Operative Dentistry. Volume One: The Pathology of the Hard Tissues of the Teeth.; Medico-Dental Publishing Company; 1908.
23. McCoy G. The etiology of gingival erosion. *J Oral Implantol.* 1982;10(3):361-2
24. Lee WC, Eakle WS. Possible role of tensile stress in the etiology of cervical erosive lesions of teeth. *J Prosthet Dent.* 1984;Sep;52(3):374-80.doi: 0022-3913(84)90448-7 [pii].
25. Grippo JO. Abfractions: a new classification of hard tissue lesions of teeth. *J Esthet Dent.* 1991;Jan-Feb;3(1):14-9
26. Imfeld T. Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci.* 1996;104:151-55
27. Grippo JO, Simring M, Schreiner S. Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisited: a new perspective on tooth surface lesions. *J Am Dent Assoc.* 2004;Aug;135(8):1109-18; quiz 63-5
28. Grippo JO, Simring M, Coleman TA. Abfraction, Abrasion, Biocorrosion, and the Enigma of Noncarious Cervical Lesions: A 20-Year Perspective. *Journal of Esthetic & Restorative Dentistry.* 2012;02//;24(1):10-23.doi: 10.1111/j.1708-8240.2011.00487.x.
29. Rees JS, Hammadeh M, Jagger DC. Abfraction lesion formation in maxillary incisors, canines and premolars: a finite element study. *Eur J Oral Sci.* 2003;Apr;111(2):149-54
30. Eakle WS. COMMENTARY. Abfraction, Abrasion, Biocorrosion, and the Enigma of Noncarious Cervical Lesions: A 20-Year Perspective. *Journal of Esthetic & Restorative Dentistry.* 2012;02//;24(1):24-5.doi: 10.1111/j.1708-8240.2011.00488.x.
31. Grippo JO. Biocorrosion vs. erosion: the 21st century and a time to change. *Compend Contin Educ Dent.* 2012;Feb;33(2):e33-7
32. Marino AA, Gross BD. Piezoelectricity in cementum, dentine and bone. *Arch Oral Biol.* 1989;34(7):507-9
33. Grippo JO, Masi JV. Role of biodental engineering factors (BEF) in the etiology of root caries. *J Esthet Dent.* 1991;Mar-Apr;3(2):71-6

34. Mason WP. Piezoelectricity, its history and applications. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1981;70(6):1561-6.doi: 10.1121/1.387221.
35. Habelitz S, Rodriguez BJ, Marshall SJ, Marshall GW, Kalinin SV, Gruverman A. Peritubular dentin lacks piezoelectricity. *J Dent Res*. 2007;Sep;86(9):908-11.doi: 10.1177/154405910708600920.
36. Burgreen D, Nakache F. Electrokinetic flow in ultrafine capillary slits¹. *The Journal of Physical Chemistry*. 1964;68(5):1084-91
37. Raja VS, Shoji T. *Stress corrosion cracking Theory and practice*. First ed. Limited WP, editor. Cambridge CB22 3HJ, UK; Woodhead Publishing Limited; 2011. 792 p.
38. Hur B, Kim HC, Park JK, Versluis A. Characteristics of non-carious cervical lesions - an ex vivo study using micro computed tomography. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2011;Jun;38(6):469-74.doi: 10.1111/j.1365-2842.2010.02172.x.
39. Michael JA, Townsend GC, Greenwood LF, Kaidonis JA. Abfraction: separating fact from fiction. *Aust Dent J*. 2009;Mar;54(1):2-8.doi: 10.1111/j.1834-7819.2008.01080.x.
40. Litonjua LA, Andreana S, Bush PJ, Tobias TS, Cohen RE. Noncarious cervical lesions and abfractions: a re-evaluation. *J Am Dent Assoc*. 2003;Jul;134(7):845-50
41. Ozcoban H, Yilmaz ED, Schneider GA. Hierarchical microcrack model for materials exemplified at enamel. *Dent Mater*. 2018;Jan;34(1):69-77.doi: 10.1016/j.dental.2017.11.007.
42. Rees JS, Hammadeh M. Undermining of enamel as a mechanism of abfraction lesion formation: a finite element study. *Eur J Oral Sci*. 2004;Aug;112(4):347-52.doi: 10.1111/j.1600-0722.2004.00143.x
EOS143 [pii].
43. Ichim I, Li Q, Loughran J, Swain MV, Kieser J. Restoration of non-carious cervical lesions Part I. Modelling of restorative fracture. *Dent Mater*. 2007;Dec;23(12):1553-61.doi: 10.1016/j.dental.2007.02.003.

44. Wood ID, Kassir AS, Brunton PA. Effect of lateral excursive movements on the progression of abfraction lesions. *Oper Dent.* 2009;May-Jun;34(3):273-9.doi: 10.2341/08-100.

45. Fox PG. The Toughness of Tooth Enamel, a Natural Fibrous Composite. *Journal of Materials Science.* 198015(12):3113-21.doi: Doi 10.1007/Bf00550384.

46. Leal NMS. Estudo in vitro da influência da tensão na formação de lesões cervicais não cariosas. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo; 2013.

47. Nishigawa K, Bando E, Nakano M. Quantitative study of bite force during sleep associated bruxism. *J Oral Rehabil.* 2001;May;28(5):485-91

ANEXO A - Parecer da comissão de ética no uso de animais



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
Comissão de Ética no Uso de Animais
Tel. (11) 3091 7842
ceuafo@usp.br

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo CEUA/FOUSP N° 013/2017 referente ao projeto intitulado: **"Influência do fator mecânico na formação de lesões cervicais não cariosas"** sob a responsabilidade de execução dos autores **Prof. Dr. Rafael Yagüe Ballester** e da aluna **Myriam Katherine Zurita Solís**, foi analisado na presente data e considerado isento de análise da CEUA por utilizar material de origem animal: dentes bovinos provenientes de frigorífico.

São Paulo, 10 de maio de 2017.



Prof. Dr. Victor Elias Arana-Chavez
Coordenador da CEUA/FOUSP

