



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DOS CONES DE GUTA-
PERCHA APÓS O PROTOCOLO DE DESINFECÇÃO RÁPIDA E
SUA RELEVÂNCIA CLÍNICA**

Trabalho submetido por
Mar'yana Martsynshyn
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DOS CONES DE GUTA-
PERCHA APÓS O PROTOCOLO DE DESINFECÇÃO RÁPIDA E
SUA RELEVÂNCIA CLÍNICA**

Trabalho submetido por
Mar'yana Martsynshyn
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Gabriela Almeida
Trabalho coorientado por
Mestre João Neves

setembro de 2022

Dedicatória

I would like to dedicate this master thesis to Dr. E. Steve Senia, a great mind that helped further the field of Endodontics.

It's sad to see someone so talented and hardworking leave us so early.

Agradecimentos

À minha orientadora Prof. Doutora Gabriela Almeida, por todos os conselhos que guardo comigo, por me ensinar que espírito crítico e dedicação fizeram este projeto florescer, pelo apoio, incentivo e pela sua disponibilidade em todas as horas deste percurso.

Ao Mestre João Neves, por me inspirar pela arte que a Endodontia é, pelo incentivo em aceitar e abraçar este projeto que, ao longo destes 5 anos, me mostrou que o caminho é mais fácil quando gostamos daquilo que fazemos acontecer.

Ao Professor Doutor José João Mendes, Presidente do Instituto Universitário Egas Moniz, pela oportunidade de tornar este projeto realidade, o que proporcionará inovação e relevância para a Comunidade Científica.

À Professora Doutora Helena Barroso e ao Professor Doutor José Brito pela disponibilidade, conhecimento e ajuda na elaboração e concretização deste projeto.

Ao Professor Doutor Luís Proença pela disponibilidade e ajuda no tratamento estatístico dos dados obtidos.

Ao meu Amor, melhor amigo, porto seguro e companheiro desta nossa estrada dividida que me faz acreditar que a vida é bonita e simples. Obrigada a ti, pela paciência, amor e atenção, e por me fazeres sentir sempre segura e capaz de encarar os desafios desta vida.

Aos meus pais, Vitaliy e Olha, sou a reflexão do vosso esforço, determinação e coragem que me fizeram suceder e completar esta etapa da minha vida. Mãe, a ti agradeço o colo, a resiliência e o apoio incondicional. Pai, a ti pela coragem e pela determinação e por acreditares em mim.

Ao meu irmão, Vitaliy, por me ensinar a encarar a vida com simplicidade e um sorriso leve, por estar sempre presente e me inspirar a ser melhor. Para ti, guardo uma vida cheia de oportunidades onde todos os teus sonhos se tornem realidade.

Aos meus Avós que mesmo estando tão longe, os vossos sorrisos e olhares de felicidade me transmitem o grande orgulho que tem de mim. A vós agradeço, a determinação e por acreditarem em mim.

À minha D. Vera, pelos conselhos, pelo carinho e por acreditar em mim.

Às minhas amigas que levo comigo, Mariana, Lara e Margarida que me acompanharam ao longo deste percurso e tornaram os últimos anos mais completos com a vossa presença, motivação e incentivo. Sem vocês não teria sido a mesma coisa. À minha querida Sofs, pela ajuda e compreensão e por inspirar nesta jornada da Endodontia.

À minha Filipa, por me ajudar a criar calma no caos, pelos conselhos que levo comigo para vida. De coração, obrigada.

À minha melhor amiga Maria, presente 24/7, por me escutar e compreender. Por me lembrar que tenho de descansar, parar e apreciar a vida. Grata pela tua motivação constante e pelo incentivo ao longo de todos estes 5 anos. Guardo a nossa amizade com um carinho muito especial.

RESUMO

Objetivo: O presente estudo visa avaliar e comparar a composição química de 5 marcas de cones de gutapercha padronizados nº25 (*Cerkamed*, *ProTaper Gold*, *Reciproc*, *Autofit* e *Zarc*) e as possíveis alterações em cada marca após o protocolo de desinfecção rápida.

Materiais e Métodos: Análise da composição química: dissolução dos cones de gutapercha em clorofórmio e posterior centrifugação, ocorrendo a formação de duas fases deste material, fase inorgânica e orgânica. Análise WDXRF: termoplastificação dos cones, compressão a 10t e análise em vácuo. Análise da radiopacidade: análise digital da transição entre o terço apical e o terço médio, com o *software Gimp 2.0* e um *stepwedge*. Análise da atividade antimicrobiana: inoculação em meio de agar de *Muller Hinton*, de *Enterococcus faecalis*, e de *Staphylococcus aureus* colocação dos cones de gutapercha de cada uma das marcas no agar e observação da possibilidade de formação de halos. Os cones de gutapercha foram divididos em 3 grupos: Grupo C sem tratamento, Grupo S imersão (NaClO 5,25%) e Grupo A imersão (NaClO 5,25%) e lavagem com álcool (96%).

Resultados: Análise da composição química: fração orgânica apresentou percentagens entre 13,4-21,3%, gutapercha, 11,5-18,8%, ceras e resinas, 1,2-2,5% e fração inorgânica, 77,3-85,6%. Análise WDXRF: os óxidos identificados foram: ZnO, BaSO₄, Na₂O, TiO₂, MgO, SiO₂. Análise da radiopacidade: diferentes níveis de radiopacidade entre marcas: *Cerkamed* mais baixa e *Zarc* mais elevada, sendo que *Autofit* e *ProTaper Gold* revelam radiopacidades semelhantes. Não foram registadas propriedades antimicrobianas.

Conclusões: As análises de composição química, da técnica WDXRF e da radiopacidade demonstram que existem diferenças significativas entre as 5 marcas antes do protocolo de desinfecção rápida e que Zn poderá ter influência na radiopacidade. Nenhuma marca de cones de gutapercha revelou possuir atividade antimicrobiana. O protocolo de desinfecção rápida não provoca nenhum tipo de alteração relativamente às características investigadas.

Palavras-Chave: Gutapercha, Hipoclorito de sódio, Composição química

SUMMARY

Objective: The present study aims to evaluate and compare the chemical composition of 5 brands of gutta-percha points, n25, (*Cerkamed*, *ProTaper Gold*, *Reciproc*, *Autofit* e *Zarc*) and the possible changes after a quick disinfection protocol.

Materials and Methods: Chemical composition analysis: gutta-percha points were dissolved in chloroform and centrifuged, leading to the formation of two phases, an inorganic and organic phase. WDXRF analysis: thermo-plastification of the material was performed, followed by compression at 10 t and analysis was performed in vacuum. Radiopacity analysis: Digital radiographs of the transition between the medial and apex thirds were obtained and analysed with the *software Gimp 2.0* and *stepwedge*.

Antimicrobial activity analysis: Inoculation of *Enterococcus faecalis* and *Staphylococcus aureus* in Muller Hinton agar medium, followed by placement of the gutta-percha points of each brand in the agar. These were observed for halo formation.

The points were divided into 3 groups: Group C no treatment, Group S immersion (5,25% NaClO) and Group A immersion (5,25% NaClO) followed by rinsing in alcohol (96%).

Results: Chemical composition analysis show: the organic phase was 13,4-21,3%, gutta-percha 11,5-18,8%, resin and waxes 1,3-2,5% and the inorganic phase 77,3-85,6%. WDXRF analysis, identified several oxides like: ZnO, BaSO₄, Na₂O, TiO₂, MgO, SiO₂. Radiopacity analysis shows, different levels of radiopacity: *Cerkamed* exhibiting the lowest, *Zarc* the highest, while *Autofit* and *ProTaper Gold* showed similar radiopacity. Antimicrobial activity analysis demonstrated no antimicrobial activity.

Conclusion: The chemical composition analysis, WDXRF and radiopacity analysis showed that there are statistically significant differences between the 5 brands investigated here, before they were submitted to a quick disinfection protocol and that Zn can influence the radiopacity. It should be noted that none of the investigated brands possessed antimicrobial activity. Employment of a quick disinfection protocol doesn't cause any kind of change related to the characteristics investigated.

Keywords: Gutta-percha, Sodium Hypochlorite, Chemical composition

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABELAS	13
SIGLAS	15
I. INTRODUÇÃO	19
I.1. A Endodontia	19
I.2. Irrigação	21
I.2.1. Irrigantes em Endodontia.....	23
I.2.1.1. Hipoclorito de Sódio	24
I.2.1.2. Outros irrigantes.....	25
I.2.1.2.1. Diglocunato de Clorexidina (CHX).....	25
I.2.1.2.2. Álcool	26
I.2.1.2.3. Agentes quelantes de cálcio.....	28
I.2.1.2.3.1. Ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA).....	29
I.2.1.2.3.2. Ácido cítrico.....	30
I.3. Obturação	30
I.3.1. Guta-percha.....	33
I.3.1.1. Perspetiva Histórica	33
I.3.1.2. Composição da guta-percha	34
I.3.1.3. Propriedades antimicrobianas da guta-percha.....	37
I.3.1.4. Desinfecção	37
I.3.1.5. Radiopacidade	39
I.3.1.5.1. Sistemas de Formação de Imagens Radiográficas.....	39
I.3.1.6. Propriedades mecânicas dos cones de guta-percha	41
I.4. Técnicas Espectroscópicas	42
I.5 Importância do Estudo	45
II. OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	47
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
III.1. Reagentes.....	49
III.1.1. Cones de guta-percha	49
III.2. Avaliação da composição química dos cones de guta percha	51
III.2.1. Fração orgânica	53
III.2.3. Fração inorgânica	54
III.3. Análise elementar por WDXRF	54
III.4. Avaliação da radiopacidade dos cones de guta-percha	56

III.5. Avaliação da atividade antimicrobiana.....	57
III.6. Análise Estatística.....	58
IV. RESULTADOS	59
IV.1 Composição química dos cones de guta-percha.....	59
IV.1.1 Análise da fração orgânica e inorgânica	59
IV.1.2 Análise dos cones pela técnica WDXRF	64
IV.2 Análise da radiopacidade dos cones de guta-percha	67
IV.3 Análise da atividade antimicrobiana dos cones de guta-percha	70
V. Discussão	71
V.1 Composição química dos cones de guta-percha	71
V.1.1. Efeito na composição química da desinfecção dos cones de guta-percha	75
V.2. Alterações na composição química pela técnica WDXRF	76
V.2.1. Efeito da desinfecção rápida dos cones na análise WDXRF	78
V.3. Radiopacidade dos cones de guta-percha	78
V.3.1. Efeito da desinfecção na radiopacidade dos cones de guta-percha.....	79
V.4. Atividade antimicrobiana dos cones de guta-percha	80
VI. CONCLUSÃO	83
VII. BIBLIOGRAFIA	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - A. Isômero do Isopreno; B. Borracha natural: cis poli-isopreno; C. gutta-percha: trans poli-isopreno (Adaptado de Gatewood, 2007).....	34
Figura 2 - A. Distância de repetição Molecular – α -guta-percha: isômero-trans de polisopropeno B. Distância de repetição Molecular – β -guta-percha: isômero-trans de polisopropeno	35
Figura 3 - Esquema de aquisição direta com sensor RVG (Adaptado de American Association of Physicists in Medicine, 2006)	40
Figura 4 - Esquema de aquisição semi-direta com película de fósforo (Adaptado de American Association of Physicists in Medicine, 2006).....	40
Figura 5 – Ilustração esquemática da análise do set-up da espectroscopia de fluorescência de raios-X dispersiva em comprimento de onda (Adaptado de, Ul-Hamid et al., 2006).	43
Figura 6 – A. Mecanismo de geração característicos de raios-X. B. Espectrograma (Uo et al., 2015).....	44
Figura 7 - Esquema do protocolo (Adaptado por Friedman et al. 1975).....	52
Figura 8 – A - Tubo Kimble contendo 1.0g de gutta-percha. B - Tubo Kimble contendo 1.0g gutta-percha e 10ml clorofórmio. C - Separação da fração orgânica e inorgânica após centrifugação.	52
Figura 9 – A) Sobrenadante obtido após a centrifugação. B) Precipitado formado após a adição de acetona ao sobrenadante.	53
Figura 10 – Papel de filtro contendo o precipitado (guta-percha) após secagem no exsiccador.....	54
Figura 11 - – A - Aglomerado de gutta-percha após termoplastificado. B - “Pastilha” circular após prensa de 10 toneladas.	55
Figura 12 - – A - Equipamento da S4 Pioneer Bruker AXS. B - Interior do equipamento. C. Porta amostra.	55
Figura 13 – A) Material utilizado no ato experimental. B) Montagem do sistema de aquisição de imagens e o suporte com <i>stepwedge</i> Al e bloco de PMMA.	56

Figura 14 - Composição (%) em fração inorgânica e respetivo desvio padrão dos cones de guta percha em estudo, antes e após tratamentos de desinfeção (grupos C, S e A). Cada ensaio foi realizado em triplicado.....	60
Figura 15 - Composição em (%) fração orgânica e respetivo desvio padrão dos cones de guta percha em estudo, antes e após tratamentos de desinfeção (grupos C, S e A). Cada ensaio foi realizado em triplicado.....	60
Figura 16 - Composição em (%) ceras & resinas e respetivo desvio padrão dos cones de guta percha em estudo, antes e após tratamentos de desinfeção (grupos C, S e A). Cada ensaio foi realizado em triplicado.....	61
Figura 17 - Composição em (%) fração orgânica e respetivo desvio padrão dos cones de guta percha em estudo, antes e após tratamentos de desinfeção (grupos C, S e A). Cada ensaio foi realizado em triplicado.....	62
Figura 18 – Gráfico das concentrações de ZnO com o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A das 5 marcas de estudo.....	65
Figura 19 - Concentrações de BaSO ₄ com o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A das 5 marcas de estudo.	65
Figura 20 - Concentrações de Na ₂ O com o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A das 5 marcas de estudo.	66
Figura 21 - Concentrações de CuO com o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A das 5 marcas de estudo.	66
Figura 22 - Boxplot de diferentes níveis de radiopacidade dos 3 grupos guta-percha (C, S, A).....	68
Figura 23 - A) Placas incubadas com <i>Enterococcus faecalis</i> e <i>Staphylococcus aureus</i> , e 3 cones de guta-percha da marca Autofit, cada qual correspondente aos grupos (C, S, A) no dia # 2. B) Observação placas no dia #3.....	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características de um irrigante ideal – Adaptado de Update on endodontic irrigating solutions - (Basrani & Haapasalo, 2012).....	23
Tabela 2 - Energia (em keV) dos raios-X, para a análise através da técnica WDXRF (Bruker, 2015).	44
Tabela 3 – Marcas dos cones de guta-percha estudados neste trabalho e respectivos lote, validade, e composição, de acordo com o fabricante.	49
Tabela 4 - Código das guta-percha, segundo a marca, e tipo de pré-tratamento.....	51
Tabela 5 - Composição relativa (%) do grupo C, relativamente ao conteúdo de fração inorgânica e orgânica, guta-percha, ceras & resinas (apresentados na forma valor médio \pm desvio padrão (VM \pm DP), das 5 marcas de cones de guta-percha.	59
Tabela 6 - Valores de significância relativos à comparação aos valores médios dos conteúdos da fração inorgânica, orgânica, guta-percha e ceras & resinas grupo C ($p < 0,05$)	62
Tabela 7 – Valores de significância resultantes da comparação entre os diferentes grupos experimentais (C, S, A) no respeitante à fração inorgânica e orgânica, guta-percha, ceras & resinas, ($p < 0,05$)*	63
Tabela 8 – Composição das marcas de cones de guta em óxidos metálicos em percentagem (%), no grupo C, através da técnica WDXRF.	64
Tabela 9 - Valores médios das unidades de radiopacidade do grupo C e respetivos intervalos de confiança.	67
Tabela 10 - Valores de significância relativos à comparação entre os níveis de radiopacidade das 5 marcas estudadas no grupo C ($p < 0,05$)*.....	67
Tabela 11 – Valores de significância relativos às comparações entre os diferentes grupos experimentais (C, S, A), ($p < 0,05$)*	69
Tabela 12 – Valores de percentagem da fração orgânica, guta-percha, ceras e resinas e fração inorgânica de diferentes estudos.....	71

SIGLAS

PA Periodontite Apical

AAE American Association of Endodontics

CBCT Cone Beam-Computed Tomography

Micro-CT Micro Computed Tomography

CHX Clorexidina

EDTA Ácido etilenodiamino tetra-acético

AC Ácido cítrico

HEBP Ácido etidrónico

PCA Para-cloroanilina

µm Micrómetros

α alfa

β beta

Al Alumínio

ANSI / ADA American National Standards Institute

EDX Energy dispersive X-ray spectroscopy

EDXRF Energy dispersive X-ray fluorescence

eV electron volt

XRF X-ray Fluorescence

ISO International Organization of Standardization

WDXRF Wavelength dispersive X-ray fluorescence

DR Radiologia Digital

PSP (*Photostimulable Phosphor Plates – Phosphor Storage Plates*)

KeV Kiloelectron volt

mm milímetro

ml mililitro

g grama

°C Graus Celcius

cm centímetros

PMMA Polimeilmetacrilato

CC *Cerkamed* Controlo

CS *Cerkamed* Hipoclorito de sódio

CA *Cerkamed* Hipoclorito de sódio + Álcool
PC *ProTaper Gold* Controlo
PS *ProTaper Gold* Hipoclorito de sódio
PA *ProTaper Gold* Hipoclorito de sódio + Álcool
ZC *Zarc* Controlo
ZS *Zarc* Hipoclorito de sódio
ZA *Zarc* Hipoclorito de sódio + Álcool
AC *Autofit* Controlo
AS *Autofit* Hipoclorito de sódio
AA *Autofit* Hipoclorito de sódio + Álcool
RC *Reciproc* Controlo
RS *Reciproc* Hipoclorito de sódio
RA *Reciproc* Hipoclorito de sódio + Álcool
kW Kilowatt
VM Valor médio
DP Desvio padrão
IC Intervalo de confiança
Ufc Unidades formadoras de colónias
TSA *Tryptic soy agar*.
RVG Detetores digitais do tipo sensor-sólido
CECT *La Colección Española de Cultivos Tipo*
ATCC *American Type Culture Collection*
EDS *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*

I. INTRODUÇÃO

I.1. A Endodontia

A Endodontia tem como objetivo prevenir ou curar a periodontite apical (PA), uma seqüela da infecção endodôntica que se manifesta como resposta de defesa do hospedeiro devido à presença de microrganismos no sistema de canais radiculares. É visto como um processo dinâmico que provoca uma reação inflamatória, reabsorção de tecido duro, destruição de tecidos e outros tecidos periapicais e eventual formação de várias categorias histopatológicas de periodontite apical (Nair, 2004).

O processo dá início com a polpa dentária infetada e necrótica através da microflora oral autógena, onde predomina uma flora mista predominantemente anaeróbia. A comunidade polimicrobiana residente nos condutos canulares possui propriedades biológicas e patogênicas, tais como, antigenicidade, atividade mitogénica, quimiotaxia, histólise enzimática e ativação de células hospedeiras. Apesar de ocorrer uma resposta por parte da defesa do hospedeiro, o organismo não consegue destruir e remover os micróbios, ocorrendo assim a destruição dos tecidos periapicais (Nair, 2004).

O tratamento endodôntico engloba assim procedimentos na polpa dentária e nos canais infetados, de modo a promover ausência de sintomatologia e de sinais clínicos (Basrani & Malkhassian, 2015). Quando a polpa dentária apresenta sintomatologia dolorosa ou doença, o tratamento baseia-se em preservar a saúde dos tecidos perirradiculares. A ocorrência da PA, leva ao tratamento endodôntico propriamente dito, a obturação tridimensional do sistema de canais radiculares e ocasionalmente, se o tratamento primário não obteve sucesso, ao retratamento endodôntico ou tratamento endodôntico cirúrgico (Basrani & Malkhassian, 2015; European Society of Endodontology, 2006).

Durante a prática clínica da Endodontia, é importante que os Médicos Dentistas reconheçam que a doença pulpar e dos tecidos periapicais é dinâmica e progressiva. Assim, os sinais e sintomas irão depender do estadió da doença. De modo a proporcionar um tratamento endodôntico apropriado, o diagnóstico não pode ser uma peça isolada; este

deverá incluir a polpa dentária e os tecidos periapicais para cada dente avaliado (*American Association of Endodontics*, 2009).

No decorrer da consulta, é de extrema importância recolher informações tais como: a história médica e dentária, passada e recente, bem como a atual medicação a que o paciente possa estar sujeito. Sinais como febre e pressão arterial são também fatores a ter em conta. O paciente deverá ser questionado sobre os sintomas e a sua duração, localização e duração da dor, se alivia ou é constante e se irradia para outras áreas da região da cabeça e pescoço (*European Society of Endodontology*, 2006).

O exame clínico deverá ser intra e extra-oral. Extra oralmente, aspetos como a simetria facial, presença de edema e inchaço na região da cabeça e do pescoço, linfadenopatias, presença de fístula extra oral e disfunção da articulação temporo mandibular, devem ser avaliados. No exame intraoral, terá que ser observada a saúde e higiene oral do paciente, edema ou inchaço das mucosas, presença de fístula intra oral, estado dos tecidos periodontais e a qualidade dos tratamentos restauradores anteriormente efetuados (*Glickman & Schweitzer*, 2013; *European Society of Endodontology*, 2006).

Para um correto diagnóstico, durante o exame intraoral, terá que ser identificada a queixa do paciente. Posteriormente, o clínico prossegue com uma série de testes direcionados à polpa e aos tecidos periapicais. Para diagnóstico pulpar são efetuados os testes de sensibilidade, que englobam o teste do frio, o teste elétrico e o teste do calor. Para o diagnóstico periapical, testes como a percussão, palpação e mobilidade são realizados. Teste adicionais podem ser aplicados, tais como transiluminação, anestesia seletiva e o teste cavitário (*Glickman & Schweitzer*, 2013; *European Society of Endodontology*, 2006).

Conforme a *American Association of Endodontics* (AAE) em 2009, o diagnóstico pulpar consiste em polpa normal, pulpite reversível, pulpite irreversível sintomática, pulpite irreversível assintomática, necrose pulpar, dente previamente tratado e dente com tratamento iniciado.

O diagnóstico apical divide-se em tecidos periapicais normais, periodontite apical sintomática, periodontite apical assintomática, abscesso apical crônico, abscesso apical agudo e osteíte condensante (Glickman & Schweitzer, 2013).

A aquisição de imagens radiográficas é um passo imprescindível. São realizadas radiografias periapicais com duas ou mais incidências, de modo a visualizar o dente em todo o seu comprimento bem como 2 a 3 milímetros da região periapical. Em determinados casos é necessário recorrer ao *Cone Beam-Computed Tomography* (CBCT) para obtenção de imagens em 3 dimensões (European Society of Endodontology, 2006).

Para o sucesso do tratamento endodôntico, o dente a ser tratado deverá reunir condições para poder ser isolado e posteriormente restaurado, bem como condições periodontais que sejam possíveis de serem resolvidas. Durante a sequência clínica, deve-se iniciar com anestesia local e isolamento com dique adequado, seguido da preparação da cavidade de acesso, determinação do comprimento dos canais radiculares e sua preparação químico-mecânica, seguindo de uma obturação tridimensional dos canais (European Society of Endodontology, 2006).

Vários estudos indicam que a taxa de sucesso endodôntico se encontra entre os 87-96% (Friedman *et al.*, 2003; Song *et al.*, 2011). Têm sido relatadas diversas razões que justificam o insucesso endodôntico, caracterizado por sinais clínicos acompanhados por tradução radiográfica de PA. Os fatores etiológicos que ditam as causas do insucesso endodôntico incluem: microrganismos persistentes ou reintroduzidos nos canais radiculares, infecção extraradicular, reação de corpo estranho e quistos verdadeiros, sendo a principal causa deste insucesso a prevalência de bactérias persistentes na região periapical dos canais radiculares em dentes obturados (Lin *et al.*, 1992; Song *et al.*, 2011; Tabassum & Khan, 2016).

I.2. Irrigação

Segundo Haapasalo *et al.*, (2010, 2014), a irrigação é uma das chaves do sucesso do tratamento endodôntico, cujo objetivo consiste na remoção de tecidos pulpare vitais e necróticos, desbridamento da dentina e erradicação de microrganismos infecciosos e dos

produtos microbiano. Refira-se que na infecção endodôntica, as bactérias são consideradas como o fator etiológico primário no desenvolvimento de lesões pulpares e periodontite apical. A complexa anatomia radicular, a estrutura e constituição da dentina também deverão ser tidas em conta (Basrani & Malkhassian, 2015; Haapasalo *et al.*, 2014).

Os canais radiculares são instrumentados sob constante irrigação, com instrumentos manuais ou mecânicos. Num estudo de imagens micro-CT (Computed Tomography) obtidas antes e após a instrumentação (Paqué et al., 2009) verificou-se que 35% ou mais das superfícies canalares, incluindo istmos, canais laterais e largas áreas em canais ovais encontravam-se intactos, independentemente da técnica de instrumentação usada. Estas áreas possuem restos de tecidos e biofilme, que apenas podem ser removidos por meio de irrigação, sendo assim enfatizada a sua importância (Haapasalo *et al.*, 2010, 2014).

A irrigação na Endodontia tem objetivos mecânicos, químicos e biológicos. De um ponto de vista mecânico e químico, a irrigação reduz a fricção entre os instrumentos e a dentina, aumenta a eficiência do corte dos instrumentos e promove o arrefecimento da lima e do dente aquando do uso de energia ultrassônica (Basrani & Haapasalo, 2012; Basrani & Malkhassian, 2015).

Por outro lado, ocorre uma limpeza e remoção dos desbridamentos, diminui a impactação de tecido mole e duro na zona apical do canal, diminui a extrusão de biofilme bacteriano para fora dos tecidos periapicais, promove a lubrificação canal, dissolve a matéria orgânica e inorgânica e previne a formação da *smear layer* durante a instrumentação ou sua remoção (Basrani & Malkhassian, 2015).

Biologicamente, os irrigantes são caracterizados pela sua ação contra microrganismos anaeróbios facultativos (como por exemplo, bactérias gram-positivas, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* e *Actinomyces*) em biofilme e pela habilidade de inativação de endotoxinas. São caracterizados como não tóxicos quando em contacto com tecidos vitais e periodontais, possuindo reduzida probabilidade de causar reações anafiláticas (Basrani & Haapasalo, 2012; Basrani & Malkhassian, 2015; Zehnder, 2006). O irrigante endodôntico ideal deverá possuir toda ou a maior parte de características positivas listadas na tabela 1 e nenhuma característica negativa.

Tabela 1 - Características de um irrigante ideal – Adaptado de Update on endodontic irrigating solutions - (Basrani & Haapasalo, 2012)

Germicida e fungicida

Atividade na presença de sangue, plasma e derivados de proteínas nos tecidos

Capacidade de remoção da *smear layer*

Capacidade de desinfecção dos túbulos dentinários sem interferir com as propriedades físicas da dentina

Baixa tensão superficial

Não provocar pigmentação do dente

Não tóxico e não carcinogénico

Biocompatível

Não interferir com a reparação dos tecidos periapicais

Não promover efeitos adversos na adesão dos cimentos

Fácil aplicação e uso

Barato

Atualmente, não existe disponível nenhuma solução irrigante que possa ser considerada ideal. O uso combinado de diferentes irrigantes numa correta sequência contribui para o futuro sucesso do tratamento canal (Gopikrishna *et al.*, 2013; Haapasalo *et al.*, 2010).

1.2.1. Irrigantes em Endodontia

Em Endodontia podemos classificar as soluções irrigantes em agentes naturais, tais como chá verde ou *Triphala*, e químicas, onde estão inseridos agentes de dissolução tecidular (hipoclorito de sódio - NaClO), agentes antimicrobianas (bacteriostáticos – Clorexidina – CHX e bactericidas – NaClO), quelantes fortes (ácido etilenodiamino tetra-acético – EDTA, ácido cítrico - CA) e fracos (ácido etidróico - HEBP) ou combinação de soluções antimicrobianas e quelantes (Basrani & Haapasalo, 2012; Basrani & Malkhassian, 2015; Kandaswamy & Venkateshbabu, 2010).

1.2.1.1. Hipoclorito de Sódio

A solução irrigante de hipoclorito de sódio (NaClO) é mais utilizada em Endodontia, pois é considerada como a solução irrigante ideal comparativamente às restantes soluções (possui a maior parte das propriedades descritas na Tabela 1) (Dutner *et al.*, 2012; Gopikrishna *et al.*, 2013).

Estrela *et al.* (2000) reportaram que o mecanismo de ação de NaClO se deve à reatividade química deste composto. Reações tais como saponificação, neutralização de aminoácidos, cloraminação que ocorrem na presença de tecido orgânico e microrganismos, promovem a ação antimicrobiana e dissolução dos tecidos. A atividade antimicrobiana é pois, caracterizada pela reação de cloraminação e inativação irreversível dos locais de ligação enzimáticos nas bactérias pelos iões hidroxilo. A dissolução do tecido orgânico deve-se à reação de saponificação, cuja degradação dos lípidos e ácidos gordos resulta na formação de sabão e glicerol (Estrela *et al.*, 2002).

A efetividade da ação do hipoclorito está relacionada com o tempo de exposição, ao volume e concentração da solução, ao aumento da temperatura e à agitação (Basrani & Haapasalo, 2012; Basrani & Malkhassian, 2015). Tipicamente, o NaClO é utilizado em concentrações entre 0,5-6%. Muito embora, as concentrações mais altas levem a uma taxa de dissolução de tecido superior, as concentrações mais baixas podem ser compensadas pelo aumento do volume aplicado, obtendo-se assim o mesmo poder de dissolução de tecido orgânico. (Basrani & Haapasalo, 2012; Estrela *et al.*, 2002).

De acordo com o estudo de Stojicic *et al.* (2010) que comparou os efeitos de concentração, temperatura e agitação, na habilidade de dissolução do NaClO, os resultados demonstraram que a dissolução do tecido orgânico aumenta proporcionalmente com a concentração. Altas temperaturas e agitação aumentam a eficácia do NaClO. Foi também demonstrado que o efeito da agitação contínua na dissolução do tecido é mais eficaz e rápida do que o aumento da temperatura.

O estudo *in vitro* efetuado por Estrela, relativamente à dissolução da polpa bovina com NaClO em diferentes concentrações e sob diferentes condições, incluindo a

presença/ausência de surfactantes, concluiu que a velocidade de dissolução é diretamente proporcional à concentração de NaClO (sem surfactante), as soluções de NaClO com surfactante apresentaram menor tensão superficial desde o início até ao fim da dissolução, o aumento da temperatura levou a uma dissolução mais rápida e quanto mais elevada a concentração de NaClO, menor a redução do pH (Estrela, 2000).

Dadas as características antimicrobianas do NaClO, para além do seu amplo uso como irrigante, é-lhe atribuída ação de desinfetante dos cones de guta-percha antes da colocação destes últimos nos conductos radiculares. (Senia et al., 1975). Este tópico será aprofundando mais adiante.

I.2.1.2. Outros irrigantes

I.2.1.2.1. Diglocunato de Clorexidina (CHX)

Em Endodontia, a Clorexidina (CHX) pode ser utilizada tanto como irrigante, como medicação intracanal. É um agente antimicrobiano de largo espectro, ativo contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Dependendo da concentração, poderá adquirir efeito bacteriostático (concentrações baixas) ou bactericida (altas concentrações). Atua como um detergente que causa rutura da membrana plasmática, precipitando o seu citoplasma (Basrani & Haapasalo, 2012; Haapasalo *et al.*, 2010, 2014).

Apesar da CHX ter ação sobre bactérias, não possui capacidade de dissolução de biofilme ou outros desbridamentos orgânicos ou inorgânicos (Bui *et al.*, 2008). Um estudo *in vitro*, realizado por Basrani *et al.* (2013), apontou para que o efeito antimicrobiano da CHX como irrigante dependa da sua concentração. Mais precisamente, CHX a 2% possui melhor efeito antimicrobiano do que CHX a 0,12. Estudos mais recentes compararam a efetividade antimicrobiana da CHX com o NaClO, concluindo que NaClO a 6% é um antimicrobiano mais forte quando comparado com CHX a 2% e por sua vez com NaClO a 1 e 2% (Ma *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012).

Dada a sua natureza catiónica, a molécula de CHX é adsorvida reversivelmente pelos componentes aniónicos na mucosa oral, possuindo a capacidade de se ligar reversivelmente à hidroxiapatite presente na estrutura dentária. Assim, é caracterizada pela sua substantividade, pois adquire um efeito antimicrobiano contínuo (Dametto *et al.*, 2005; Komorowski *et al.*, 2000).

Enquanto irrigante, a CHX a 2% exibe uma interação negativa quando em contacto com NaClO, formando um precipitado cor de laranja-acastanhado designado de para-cloroanilina (PCA), caracterizado como tóxico e carcinogénico, cuja quantidade aumenta à medida que a concentração de NaClO também aumenta (Basrani *et al.*, 2007, 2009; Bui *et al.*, 2008). Refira-se ainda que Bui *et al.* (2008), mostraram que a formação de PCA oclui os túbulos dentinários na região coronal, média e apical do canal radicular, formando uma interface entre o cimento endodôntico e a dentina, o que poderá afetar a obturação do canal radicular.

Numa situação clínica, a ativação ultrassónica permite remover a *smear layer* e bactérias do canal radicular, pois a vibração permite aumentar a distribuição e o efeito do irrigante pelo canal radicular. É de notar que a ativação ultrassónica poderá aumentar a temperatura do irrigante até pelo menos 45°C (Cameron, 1988).

Os estudos de Basrani e colaboradores (2007, 2009), permitiram concluir que a CHX, quando aquecida a uma temperatura de 45°C, forma uma amina aromática, semelhante à PCA, com uma coloração amarela. A presença da amina aromática poderá indicar a presença de isómeros anilinos, que podem sugerir efeitos tóxicos. Deste modo, não é aconselhado o uso combinado de NaClO com CHX a 2%, nem a ativação ultrassónica da mesma.

I.2.1.2.2. Álcool

Realizada a instrumentação do canal radicular, e antes da obturação final, é de extrema importância a secagem do mesmo, visto que, caso este permaneça húmido, é impossível

efetuar uma boa obturação. Foram relatados na literatura diversos métodos, tais como álcoois, cones de papel e aspiração por sucção com agulha de irrigação, para a obtenção de uma apropriada secagem do canal (Pei et al., 2012).

O princípio base da utilização de álcool deve-se à redução da tensão superficial dos cimentos endodônticos, irrigantes e do sistema do canal radicular. O álcool penetra nos túbulos dentinários e, à medida que evapora, seca os conductos radiculares, promovendo a redução superficial e aumentando o fluxo do cimento endodôntico. Estudos *in vitro* mostraram que o álcool etílico reduz a tensão superficial do NaClO e melhora significativamente a capacidade antimicrobiana deste irrigante (Cunningham et al., 1982; Priya et al., 2016).

Como referido, tem sido sugerida a utilização de álcool nos canais radiculares para remover a humidade residual no interior do mesmo. Por esse motivo, vários estudos avaliaram a ação do álcool antes da colocação de cimento no canal radiculares (Pei et al., 2012; Priya et al., 2016; Stevens et al., 2006). O trabalho de Zmener et al. (2008), verificou que os conductos radiculares se encontravam com menos humidade após secagem com álcool a 95%; porém, não foram encontradas diferenças significativas entre canais após secagem com cones de papel e álcool a 95%.

O uso de diferentes concentrações de álcool etílico poderá alterar a molhabilidade superficial da dentina. Os estudos de Osorio *et al.* (2010) e Pei *et al.* (2012) mostraram que ocorre diminuição da rugosidade da dentina após a condicionarem com ácido ortofosfórico e este ser lavado com água. Estes autores sugeriram que o uso de álcool etílico poderá trazer benefícios na adesão da dentina radicular ao adesivo hidrofóbico.

Um estudo de Pantoja *et al.* (2018) corroborou o estudo de Pei *et al.* (2012), que visa a diminuição da rugosidade da dentina e o aumento de energia livre de superfícies em amostras tratadas com álcool etílico a 70 e 100%. Tal facto poderá ser explicado pela capacidade das soluções etílicas em promover desidratação química parcial das fibras de colagénio desmineralizadas e a contração dos diâmetros na rede de colagénio dentinários (Osorio *et al.*, 2010), o que, por sua vez, aumenta os espaços interfibrilares, favorecendo a penetração do material hidrofílico.

A literatura tem indicado que a irrigação final do canal radicular com álcool etílico a 95%, desidrata a dentina, tornando-a mais hidrofóbica e mais compatível com a penetração do cimento endodôntico nos túbulos dentinários, visando uma melhor obturação, bem como diminuir o vazamento em canais radiculares (Engel *et al.*, 2005; Stevens *et al.*, 2006; Wilcox & Wiemann, 1995).

O uso de álcool etílico é igualmente aplicado na lavagem dos cones de guta-percha após a desinfecção destes com NaClO, antes da colocação dos mesmos nos conductos radiculares, tema que será abordado no Capítulo da Desinfecção (Short *et al.*, 2003).

I.2.1.2.3. Agentes quelantes de cálcio

Desde 2002, segundo a AAE, a *smear layer* é definida como uma película superficial de detritos retidos na dentina e outras superfícies, após a instrumentação com instrumentos rotatórios ou limas endodônticas; consiste em partículas de dentina, restos de tecido pulpar vital ou necrótico, componentes bacterianos e irrigante retido. Um trabalho realizado por Ng *et al.* (2011), mostrou que o uso de EDTA duplica o *outcome* sucesso em casos de retratamento.

Os agentes quelantes formam ligações em anel com de metais iônicos, formando complexos organo-metálicos muitos estáveis. Esta estabilidade resulta da ligação covalente dativa estabelecida entre o quelante, que possui mais do que um par de electrões não ligantes, e o metal iónico detendo orbitais vazias e que se encontra posicionado no centro do complexo (Hulsmann *et al.*, 2003). Como referido anteriormente, os agentes quelantes podem ser classificados em fortes e fracos. São exemplos de quelantes fortes, o EDTA, o ácido cítrico (CA) e nanopartículas de quitina. Como exemplo de quelante fraco temos o HEBP (Basrani & Malkhassian, 2015).

São definidas como características dos agentes quelantes, a capacidade de remoção da parte inorgânica da *smear layer*, ou remoção da totalidade da mesma após a irrigação com NaClO; a sua contribuição para a eliminação de bactérias no canal radicular; a promoção

da desmineralização da dentina (20-50 micrómetros (μm); e a baixa toxicidade (Basrani & Haapasalo, 2012).

A completa limpeza do sistema de canais radiculares requer o uso de irrigantes que dissolvem a componente orgânica e inorgânica. Sendo o NaClO um agente efetivo na dissolução da matéria orgânica, substâncias tais como EDTA e CA deverão ser utilizadas de modo a remover a matéria inorgânica, isto é, a *smear layer* e *debris* de dentina que bloqueiam a entrada dos túbulos dentinários. Os agentes quelantes usados sem combinação com NaClO possuem pouco, ou nenhum, efeito na dissolução da matéria orgânica, e não atingem a atividade antimicrobiana desejada (Haapasalo *et al.*, 2010; Kokkas *et al.*, 2004; Torabinejad *et al.*, 2002).

I.2.1.2.3.1. Ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA)

A exposição direta ao EDTA por um tempo prolongado permite extrair proteínas da superfície bacteriana, devido à ligação deste aos íons metálicos da membrana celular bacteriana, o que eventualmente leva à morte do microrganismo. Por outro lado, o EDTA forma um complexo estável quando se liga ao íon cálcio (II) (Ca^{2+}). O efeito de dissolução atinge o seu máximo à medida que os íons disponíveis se ligam ao EDTA, formando-se um equilíbrio químico (Basrani & Haapasalo, 2012; Hulsmann *et al.*, 2003).

A utilização do EDTA em Endodontia é sugerida como uma opção viável, visto que possui a capacidade de quelação e remoção de porções mineralizadas da *smear layer*. Usualmente, o EDTA é utilizado numa concentração de 17%, removendo a *smear layer* quando em contacto direto com a parede do canal radicular em menos de 1 minuto (min). (Haapasalo *et al.*, 2010; Topbaş, 2017).

Um estudo de Grawehr *et al.* (2003), aponta para que a reação química entre o NaClO e agentes quelantes de cálcio, como o EDTA, leve à perda da capacidade de dissolução de matéria orgânica pelo NaClO, devido a deixar de haver íon hipoclorito disponível; com efeito, trata-se de uma reação ácido-base em que se anula o efeito de ambos os reagentes. Clinicamente, é aconselhado a lavagem do canal radicular com NaClO após o uso de

EDTA como irrigante para remover resquícios de EDTA que permaneçam no canal, e assim garantir o efeito da solução de hipoclorito de sódio.

Para além da interação com o NaClO, o EDTA reage com a CHX, formando um precipitado branco, de natureza salina (Rasimick *et al.*, 2008). Clinicamente, este estudo aponta que, para prevenir a formação de PCA resultante da interação de NaClO com a CHX, o canal poderá ser lavado com EDTA, removendo os resíduos de NaClO (Rasimick *et al.*, 2008).

I.2.1.2.3.2. Ácido cítrico

Vários estudos disponíveis na literatura apontam para que o CA, usado como solução irrigante final, apresente melhor efeito que o EDTA em concentrações semelhantes, embora ambas as soluções apresentem alta capacidade de remoção da *smear layer* dos canais radiculares (Basrani & Haapasalo, 2012; Zehnder *et al.*, 2005).

Um estudo *in vitro* onde se avaliou a citotoxicidade dos agentes quelantes, demonstrou que o CA a 10% apresenta uma maior biocompatibilidade do que EDTA a 17% (Zaccaro Scelza *et al.*, 2001). Outro estudo referente à capacidade do CA na eliminação de biofilme de *Enterococcus faecalis*, demonstrou que este é ineficaz nos tempos de aplicação de 1,5 e 10 min. (Arias-Moliz *et al.*, 2009).

I.3. Obturação

Realizada a completa desinfecção do sistema de canais, o passo final do tratamento endodôntico tem como objetivo prevenir a passagem de microrganismos e fluidos entre o sistema radicular e os tecidos periapicais. Deste modo, prossegue-se ao preenchimento tridimensional do sistema canal, o que inclui o foramen apical, túbulos dentinários e canais acessórios. Habitualmente, a obturação consiste na utilização de dois materiais, um semissólido em combinação com um cimento endodôntico, que deverá preencher os espaços entre o material semissólido e as paredes do canal radicular (European Society of Endodontology, 2006).

Idealmente, o preenchimento com os materiais obturadores deverá ser confinado aos canais radiculares sem ocorrer extrusão para os tecidos periapicais ou para outras estruturas nobres (Rosen *et al.*, 2016; Schilder & Hargreaves, 2006).

Os materiais utilizados para preenchimento dos canais radiculares deverão possuir características de biocompatibilidade, estabilidade dimensional, capacidade de selamento, radiopacidade, insolubilidade e inalteração na presença de fluidos tecidulares, bem como, em casos de retratamento, deverão ser de fácil remoção (European Society of Endodontology, 2006; Tomson *et al.*, 2014). Diversos tipos de materiais de obturação são utilizados tais como cones de guta-percha, cones de guta-percha revestidos por resina ou ionómero de vidro e *Resilon* (Darcey James *et al.*, 2016).

A guta-percha é o material de obturação mais utilizado na prática clínica. A guta-percha possui características vantajosas, tais como a plasticidade do material, facilidade de manipulação, mínima toxicidade, radiopacidade e facilidade de remoção por calor ou outros solventes. Como desvantagens, esta não adere à dentina e após o aquecimento, ao esfriar, ocorre contração (Aminoshariae *et al.*, 2020).

Os cones de guta-percha estão disponíveis em 2 tamanhos, os não padronizados, nos quais a nomenclatura se refere às dimensões da ponta e do corpo, e os padronizados (convencionais), em que a sua conicidade coincide com as limas manuais endodônticas, de acordo com as especificações publicadas pela *International Organization of Standardization* (ISO) ou pela *American National Standards Institute* (ANSI/ADA) (Aminoshariae *et al.*, 2020).

Os cones revestidos com ionómero de vidro ou resina, (quando aplicada a técnica de cone único e associados a um cimento), visam promover uma melhor adesão do cone às paredes do canal radicular, promovendo uma melhor adaptação e diminuindo a microfiltração (Darcey James *et al.*, 2016; Aminoshariae *et al.*, 2020).

Como alternativa à guta-percha, foram introduzidos os cones de *Resilon*, os quais consistem num sistema à base de resina. O *resilon* é um poliéster industrial de

policaprolactona que foi adaptado para uso clínico dentário. Tal como os cones de guta-percha, os cones de *resilon* estão disponíveis em tamanhos padronizados e não padronizados. O fabricante alega que o cimento resinoso se liga ao material sólido *resilon* e se fixa como um monobloco à superfície radicular condicionada (Darcey James *et al.*, 2016; Aminoshariae *et al.*, 2020).

Os cimentos endodônticos são responsáveis pelo princípio fundamental do preenchimento canal, isto é, o selamento dos canais radiculares, levando a um resultado positivo no tratamento endodôntico (Darcey James *et al.*, 2016). O seu objetivo consiste no selamento do espaço entre o material de obturação e o interior do canal radicular, e o preenchimento de irregularidades em anatomia canulares complexas, como por exemplo, canais acessórios e túbulos dentinários. Promovem também a lubrificação e facilidade de progressão dos materiais de obturação no canal, bem como possuem propriedades antimicrobianas (Tomson *et al.*, 2014).

Segundo Aminoshariae *et al.* (2020) cimento ideal deverá possuir as seguintes propriedades:

1. Estabelecer estabilidade hermética no selamento;
2. Promover adesão quando em contacto com as paredes do canal radicular e o material obturador;
3. Apresentar radiopacidade radiograficamente;
4. Não possuir contração ao tomar presa;
5. Não pigmentar as estruturas dentárias;
6. Possuir características antibacterianas de modo a não estimular o crescimento bacteriano;
7. Biocompatibilidade e não toxicidade com os tecidos perirradiculares;
8. Apresentar um tempo de presa lento;
9. Insolúvel na presença de fluidos tecidulares;
10. Facilidade de remoção e apresentar solubilidade em solventes em casos de retratamento;

Atualmente não existe nenhum cimento que satisfaça todos os critérios acima enumerados. Os cimentos podem ser categorizados conforme as suas formulações em óxido de zinco eugenol, hidróxidos de cálcio, silicone, ionómero de vidro, resinosos e

biocerâmicos à base de silicato e cálcio. Todos os cimentos apresentam toxicidade quando misturados até tomarem presa, e por este motivo, a extrusão deste material para os tecidos perirradiculares deverá ser evitada (Aminoshariae *et al.*, 2020).

Para garantir o selamento hermético do canal radicular com estes dois materiais é necessário a aplicação de técnicas de obturação. As técnicas de obturação existentes são condensação lateral (frio ou calor), compactação vertical (onda contínua ou descontínua), barreira apical, compactação termomecânica, *carrier-based* e técnica de cone único (Tomson *et al.*, 2014).

I.3.1. Guta-percha

I.3.1.1. Perspetiva Histórica

A gutta-percha deriva de duas palavras, “*getah*” que significa goma e “*percha*” - o nome da árvore que deriva no idioma malaio (Prakash *et al.*, 2005).

Antes da gutta-percha ter sido introduzida no mundo ocidental, esta fora muito utilizada pelos nativos do arquipélago da Malásia para o fabrico de cabos de faca, varas para caminhadas, entre outros fins (Prakash *et al.*, 2005).

Historicamente, este material foi descoberto por *John Tradescant* em 1656, quando este viajou para o Extremo Oriente, batizando este material de “*Mazer Wood*”. Este material exótico teve diversas aplicações na joalheria, na indústria da cortiça, fios, tendas, guarda-chuvas, bolas de golf, tendo mesmo ocorrido a tentativa de substituir o papel (Gutmann & Manjarrés, 2019; Marciano & Michailenco, 1989).

Na Medicina, foi introduzida noutras áreas por *William Montgomerie*, a quem foi atribuída uma medalha de ouro pela *Royal Society of Arts*, em 1843. Este material foi empregue em talas para segurar e imobilizar fraturas articulares, no fabrico de cabos de pinças e cateteres, e no controlo de hemorragias alveolares. Mais especificamente em Dermatologia, o seu uso era aplicado em doenças da pele tais como, varíola, erisipela, psoríase e eczema (Prakash *et al.*, 2005).

Na área da Medicina Dentária, destaca-se o trabalho conjunto de *Edwin Truman* e *Asa Hill*, em 1847, os quais desenvolveram um material restaurador dentário que consistia numa mistura de guta-percha, carbonato e quartzo, que nomearam de “*Hill’s Stopping*”. O uso deste material na obturação de canais radiculares foi demonstrado por *Browman*, num congresso em *St. Louis*, no ano de 1867, onde este exemplificou o uso deste material em dentes molares extraídos (Gutmann & Manjarrés, 2019). A guta-percha é, pois, utilizada há mais de 100 anos como material obturador dos canais radiculares (Maniglia-Ferreira *et al.*, 2005).

I.3.1.2. Composição da guta-percha

A guta provém das árvores *Paladium gutta*, da família *Sapotaceae*, consistindo num polímero trans-1,4-polisopreno obtido através da coagulação do látex destas árvores (Marciano & Michalesco, 1989).

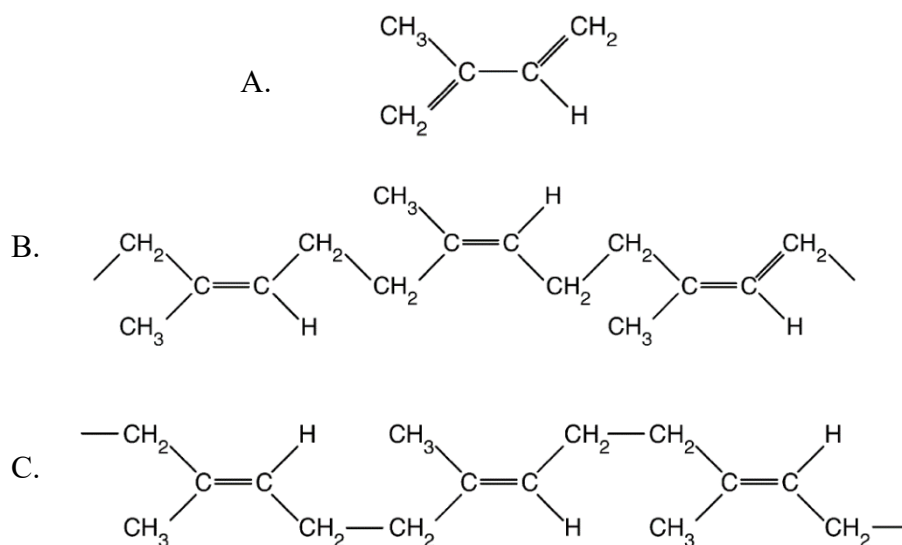


Figura 1- A. Isómero do Isopreno; B. Borracha natural: cis poli-isopreno; C. gutta-percha: trans poli-isopreno (Adaptado de Gatewood, 2007)

A borracha natural e a guta-percha representam um caso interessante de isomerismo. Ambas são polímeros de alto peso molecular e estruturadas a partir da mesma unidade básica de construção, o isopreno. Mais concretamente, a estrutura molecular da guta-percha constitui um isómero-trans de polisopropeno, ao contrário da borracha natural, que

consiste num isómero-cis. A borracha natural possui um carácter elastomérico, assumindo uma estrutura amorfa, enquanto que a guta-percha é um material de natureza cristalina e linear. Por este motivo, o polímero de guta é mais rígido, mais frágil e menos elástico do que a borracha natural (Friedman *et al.*, 1975; Goodman *et al.*, 1974).

A guta-percha pode existir em duas fases cristalinas diferentes, a fase alfa (α) e a fase beta (β). A fase α é a forma natural da guta proveniente da árvore, ao passo que a guta utilizada como fim endodôntico é comercializada na sua fase β . O aquecimento deste material na fase β provoca uma alteração na estrutura do composto, transformando-se numa estrutura cristalina, isto é, o polímero passa da fase β para a fase α , e desta para a fase amorfa. Tal como mostrado na Figura 2, as formas α e β diferem na distância de repetição molecular e na forma de ligação (Goodman *et al.*, 1974; Maniglia-Ferreira *et al.*, 2013; Gurgel-Filho *et al.*, 2003).

Bun *et al.* (1942), descreveu as propriedades térmicas e estereoquímicas da guta-percha e concluiu que o arrefecimento lento da guta-percha líquida promove a formação de cadeias α , enquanto o arrefecimento rápido leva à formação de cadeias β .

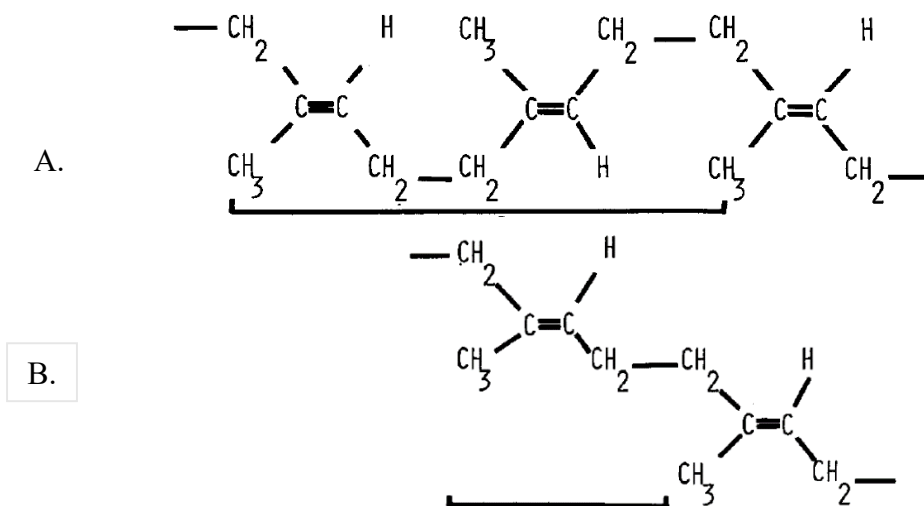


Figura 2 - A. Distância de repetição Molecular – α -guta-percha: isómero-trans de polisopreno B.

Distância de repetição Molecular – β -guta-percha: isómero-trans de polisopreno

As propriedades térmicas da guta-percha e as alterações na estrutura cristalina provocam alterações volumétricas irreversíveis (Combe *et al.*, 2001). À temperatura ambiente, a guta-percha assume uma forma rígida. O material torna-se maleável entre os 25 e os 30°C, amolece e plastifica aos 60°C, e aos 100°C o material derrete e entra em parcial decomposição (Gurgel-Filho *et al.*, 2003; Maniglia-Ferreira *et al.*, 2005).

O polímero torna-se quebradiço, perde elasticidade e o grau de decomposição aumenta com o tempo de armazenamento e a temperatura. Como tal, este material deverá ser armazenado num local frio e seco, aumentando assim o seu tempo de vida útil (Gurgel-Filho *et al.*, 2003). A guta-percha é solúvel em clorofórmio, eucaliptol, sulfureto de carbono, benzeno e xilema. A sua exposição à luz e ao ar, provoca a oxidação do material ocorrendo a degradação do mesmo, tornando-o frágil (Maniglia-Ferreira *et al.*, 2005).

Existe uma certa heterogeneidade entre os diferentes cones comerciais de guta-percha. Os mesmos são compostos por **componentes orgânicos** e **inorgânicos** cujas percentagem são propriedade de cada fabricante, existindo uma certa heterogeneidade na composição dos cones, o que evidentemente poderá alterar as propriedades físicas e efeito biológico deste material (Gurgel-Filho *et al.*, 2003).

Na fase orgânica, os cones de guta-percha possuem o polímero de guta-percha propriamente dito, e em menor quantidade, ceras e resinas. Na fase inorgânica, podem conter óxido de zinco, (ZnO) e sulfato de bário (BaSO₄). Podem ainda existir, em pequenas quantidades, outros compostos, tais como antioxidantes e agentes corantes (Short *et al.*, 2003).

As proporções entre o polímero de guta-percha e ZnO ditam características como a rigidez, resistência à tração, radiopacidade e fragilidade. Friedman *et al.* (1977), analisaram quimicamente a composição de guta-percha e verificaram que este material é composto por aproximadamente 18 a 22% de polímero de guta, 59 a 75% de ZnO, e 1.1 a 17.2% de BaSO₄. Contudo, um estudo posterior de Marciano e Michailesco reportou percentagens mais baixas de ZnO (36,6%) e percentagens mais elevadas de BaSO₄(31,2%) (Marciano & Michailesco, 1989).

I.3.1.3. Propriedades antimicrobianas da guta-percha

Para melhorar a qualidade da obturação dos canais radiculares, para além do efeito da limpeza biomecânica aquando da preparação dos condutos, são aplicados medicamentos intracanalares e utilizados materiais de obturação com propriedades antimicrobianas (Tanomaru *et al.*, 2007). De modo a promover a maximização do efeito antimicrobiano, os cones de guta-percha começaram a ser fabricados incluindo na sua constituição diversas substâncias, tais como iodofórmio, clorexidina, e hidróxido de cálcio. Em 2002, Podbielski *et al.* avaliou o efeito antimicrobiano de guta-percha contendo hidróxido de cálcio. Quando comparados com os guta-percha convencionais, demonstraram melhor atividade antimicrobiana contra *Enterococcus faecalis*, *Porphyromonas gingivalis*, e *Streptococcus intermedius* (Podbielski *et al.*, 2000).

Barthel *et al.* (2002), avaliaram a eficácia antimicrobiana de cones de guta-percha contendo CHX/hidróxido de cálcio com CHX/ hidróxido de cálcio em gel e em pasta, sendo que os primeiros mostraram baixa inibição da atividade antimicrobiana.

Ao ZnO presente em percentagens elevadas na constituição dos guta-percha é-lhe atribuído um carácter antimicrobiano, teoricamente, devido às pequenas partículas contendo zinco (Zn), que são libertadas dos cones de guta-percha quando em contacto com água ou soro a pH neutro. Assim, Moorer e Genet (1982a, 1982b), puseram em causa a necessidade de descontaminação dos guta-percha antes do seu uso clínico devido ao ZnO presente nos guta-percha.

I.3.1.4. Desinfecção

Os cones de guta-percha são manufacturados em condições assépticas e, como já referido, contêm na sua composição entre 69,8 a 81,9% de ZnO. Porém, estes são facilmente contaminados devido ao inadequado armazenamento, manuseamento físico e aos aerossóis (Maniglia-Ferreira *et al.*, 2005).

Um recente estudo revelou que de 5 a 19% das embalagens de guta-percha recém-abertas apresentam microrganismos. Apesar desta percentagem ser baixa, é rotineiro o Médico

Dentista utilizar os cones diretamente da caixa, sem questionar a esterilidade dos mesmos (Jyothsna *et al.*, 2020).

As características de termoplasticidade dos cones de guta-percha tornam este material impossível de ser esterilizado pelo processo convencional de autoclave, pois causaria deformação do material. Devido a esta limitação, foi proposto por Senia *et al.* (1975), o uso de NaClO como agente de descontaminação rápida. Este estudo demonstrou que após a contaminação bacteriana dos cones por *Staphylococcus epidermidis*, *Corynebacterium xerosis*, *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis*, e sua posterior imersão destes em *Clorox* (5,25% de NaClO) por períodos de 30, 45 e 60 segundos, não foi observado posterior crescimento bacteriano a nível macroscópico. Em suma, Senia *et al.* (1975) concluiu que a imersão dos cones de guta-percha durante 1 min. em NaClO a 5,25% permite a desinfecção contra microrganismos gram-positivos, gram-negativos e esporos. Foi verificado ainda que o período de imersão em NaClO é inversamente proporcional ao aumento da concentração do mesmo (Rocha *et al.*, 2013).

Refira-se que o contacto do NaClO com a superfície dos cones de guta-percha promove a formação de cristais de hipoclorito que, segundo Short *et al.* (2003) e Gurgel-Filho *et al.* (2003), deverão ser removidos por meio de lavagem com álcool ou água destilada, dado que estes interferem com o selamento dos canais radiculares. Também a CHX apresenta atividade antimicrobiana como desinfetante dos cones guta-percha. De acordo com o estudo de Cardoso *et al.* (2000), a descontaminação dos cones de guta-percha contaminados por *Enterococcus faecalis* ocorre após 1 min. de imersão em CHX.

Importa referir que o período de descontaminação dos cones de guta-percha está interligada ao tipo de microrganismo contaminante, ao invés da interação do material/solução (Prado *et al.*, 2014). Numa outra perspetiva, o estudo de Prado *et al.* (2011), mostrou ainda que os agentes desinfetantes promovem uma maior interação entre os cones de guta-percha/Resilon e os cimentos.

I.3.1.5. Radiopacidade

As normas internacionais requerem que os cones de guta-percha sejam radiopacos, de modo a permitir a avaliação da densidade e homogeneidade do preenchimento do canal radicular, permitindo que seja facilmente distinguido de estruturas dentárias e ósseas (Petry *et al.*, 2017).

Para um correto diagnóstico radiográfico, todos os materiais utilizados na cavidade oral devem possuir radiopacidade. Todas as marcas comerciais de cones de guta-percha diferem na composição em agentes radiopacificantes, dado que estes variam nas concentrações que são adicionados (Katz *et al.*, 1990a). Segundo Friedman *et al.* (1975), os constituintes dos cones de guta-percha apresentam propriedades específicas, sendo que a guta-percha compõe a matriz, o BaSO₄ confere a radiopacidade, as ceras e resinas atuam como agentes plastificantes e o ZnO serve como um material de preenchimento.

I.3.1.5.1. Sistemas de Formação de Imagens Radiográficas

O sistema de formação de imagens radiográficas pode ser definido em convencional ou analógico e digital (Leonel, 2020).

A imagem radiográfica é caracterizada pelo tamanho do *pixel*, que define a qualidade e a quantidade destes que se refere ao tamanho da imagem. A profundidade de imagem, designadas de *bits* define a cor do *pixel* (Costa, 2018). Em termos de radiologia digital, o tamanho dos pixéis, resolução espacial, o número de tonalidades de cinza e o contraste definem a resolução da imagem digital (Taiña, 2000).

A aquisição direta em tempo real, denominada de sistema de radiologia digital (DR), consiste numa área do radiodiagnóstico que gera imagens digitais através de sistemas computacionais, por meio de detetores digitais do tipo sensor-sólido (RVG), que por sua vez, enviam as imagens diretamente para o computador, visto que ocorre um processo de conversão da energia dos raios X em sinal direto (Leonel, 2020; Taiña, 2000).

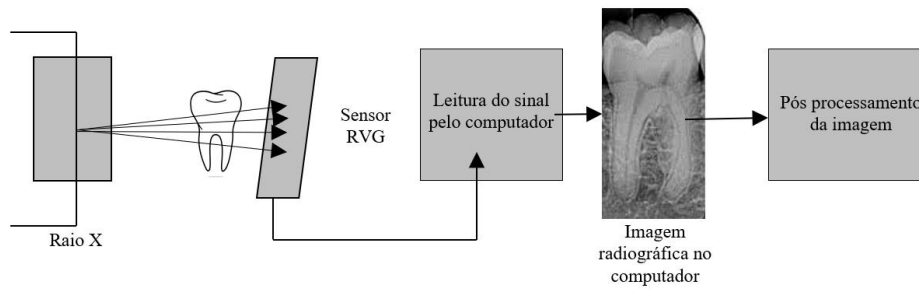


Figura 3 - Esquema de aquisição direta com sensor RVG (Adaptado de American Association of Physicists in Medicine, 2006)

Na aquisição semi-direta, a produção de imagens é feita por meio de sistemas computacionais que utilizam detectores, através da leitura de um *scanner* específico, para que a imagem seja exibida no computador. Neste sistema, os raios X são convertidos em luz, transmitindo a radiação em sinal de forma semi-direta (Leonel, 2020; Taiña, 2000). A aquisição semi-direta ocorre através do uso de detectores de placas de material fosforescente – PSP (*Photostimulable Phosphor Plates – Phosphor Storage Plates*). Após serem expostos aos raios X, estes detectores absorvem e armazenam energia, formando uma imagem latente (Bissoli *et al.*, 2008; Leonel, 2020).

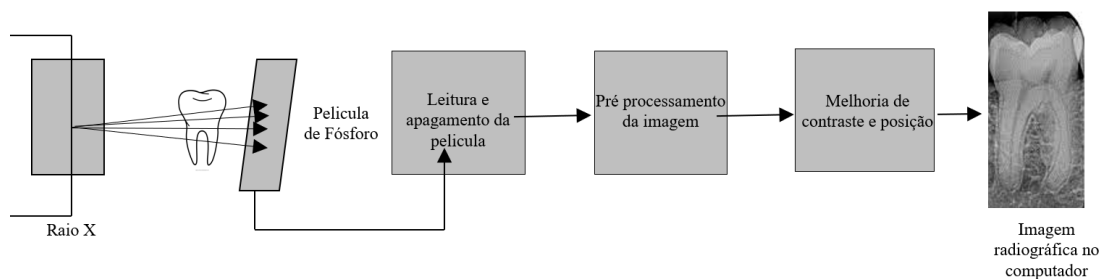


Figura 4 - Esquema de aquisição semi-direta com película de fósforo (Adaptado de American Association of Physicists in Medicine, 2006)

Em condições radiográficas específicas, o *stepwedge* de Alumínio (Al) é utilizado como padrão para expressar a radiopacidade de um material, visto que, à medida que a espessura do *stepwedge* de Al aumenta, a radiopacidade deste é alterada, permitindo comparar diferentes tons de radiopacidade de matérias dentários, das estruturas dentárias e circundantes (Bodrumlu *et al.*, 2007; Gorduysus & Avcu, 2009).

I.3.1.6. Propriedades mecânicas dos cones de guta-percha

As diferenças nas propriedades mecânicas entre marcas distintas deve-se à variações de conteúdo em cada uma das fases (orgânica e inorgânica) dos cones de guta-percha. A quantidade de guta-percha presente, na fase orgânica, mostrou ser inversamente proporcional às ceras e resinas, tal como a quantidade de Zn e de metais sulfatados (Friedman *et al.*, 1977).

Estas propriedades foram testadas num estudo realizado por Friedman e colaboradores em 1977, no qual se avaliou o limite de escoamento, a resistência à tração, a resiliência, a flexibilidade, o módulo de elasticidade e a percentagem de escoamento. Segundo Anusavice (2011), o escoamento define-se como o valor de tensão que varia entre 0,1 ou 0,2%, necessário para ocorrer uma determinada deformação plástica irreversível, após a remoção da força externa. A resistência à tração corresponde à tensão da tração no momento da fratura. O termo resiliência corresponde à quantidade de energia absorvida por uma unidade de volume de uma determinada estrutura quando esta é comprimida e libertada, após a remoção da carga. Entende-se por flexibilidade, a deformação em flexão do material quando este é dobrado até ao ocorrer deformação plástica. Quanto ao módulo de *Young*, também denominado como módulo de elasticidade, permite o cálculo da rigidez, que corresponde à razão entre a tensão elástica e a deformação elástica. A percentagem de alongamento é a quantidade de deformação plástica que um determinado material apresenta no momento de fratura e ensaios de tração (Anusavice, 2011).

Com base nos resultados do estudo de Friedman *et al.* (1977), conclui-se que o aumento da quantidade de guta-percha na fase orgânica dos cones está correlacionada com o aumento do limite de escoamento e da resistência à tração. Já os parâmetros resiliência e módulo de elasticidade parecem estar relacionados com o conteúdo em guta-percha; contudo, os resultados obtidos não são estatisticamente significativos.

Quanto à fase inorgânica, a percentagem de alongamento e o limite de escoamento aparentam ter uma relação de proporcionalidade indireta com a quantidade de Zn, isto

é, quanto maior o conteúdo em ZnO, menor a percentagem de alongamento e o limite de escoamento (Friedman *et al.*, 1977).

Do ponto de vista clínico, o material obturador ideal deverá possuir elevada flexibilidade, limite de escoamento, alta percentagem de alongamento e baixa resiliência. No entanto, é impossível conjugar propriedades opostas no mesmo material. Conclui-se que quantidades elevadas de guta-percha tornam os cones mais rígidos, enquanto elevadas quantidades de ZnO tendem em aumentar a fragilidade do material, diminuindo a sua fluidez (Friedman *et al.*, 1977).

I.4. Técnicas Espectroscópicas

A caracterização espectrometria de diversos materiais proporciona informações complementares sobre o comportamento de diversos fenómenos, físicos, químicos ou biológicos, sejam estes de natureza orgânica ou inorgânica, permitindo adquirir informações complementares importantes para comprovar os resultados obtidos em ensaio laboratoriais (Queiroz *et al.*, 2012).

A técnica de espectrometria por fluorescência de raios X (*X-ray Fluorescence*) é um método não destrutivo utilizado com um propósito analítico, baseado no facto de cada elemento químico emitir sempre o mesmo conjunto característico de raios X. Esta técnica está subdividida em duas categorias: a espectroscopia de fluorescência de raios-X dispersiva em comprimento de onda (*Wavelength dispersive X-ray fluorescence* - WDXRF) e a espectroscopia de fluorescência de raios-X dispersiva em energia (*Energy dispersive X-ray fluorescence* - EDXRF) (Cesareo, 2010; Uo *et al.*, 2015).

Na WDXRF, a posição dos picos permite identificar cada elemento químico e a intensidades destes exprime a sua concentração (Cesareo, 2010; Queiroz *et al.*, 2012).

Como técnica de analítica microquímica, a WDXRF permite detetar baixas concentrações (na ordem das partes por milhão, ppm), fornece resultados mais precisos, com menor nível de ruído, melhor resolução espectral (sem sobreposições), e maior sensibilidade (Queiroz *et al.*, 2012; Ul-Hamid *et al.*, 2006).

Nesta técnica, a amostra em estudo é irradiada verticalmente por uma sonda de electrões, e o resultado característico de emissão de raios X é captado por um detetor, representado na Figura 5. A dispersão dos raios X característicos, emitidos pela amostra, respeita a lei de Bragg (Ul-Hamid *et al.*, 2006).

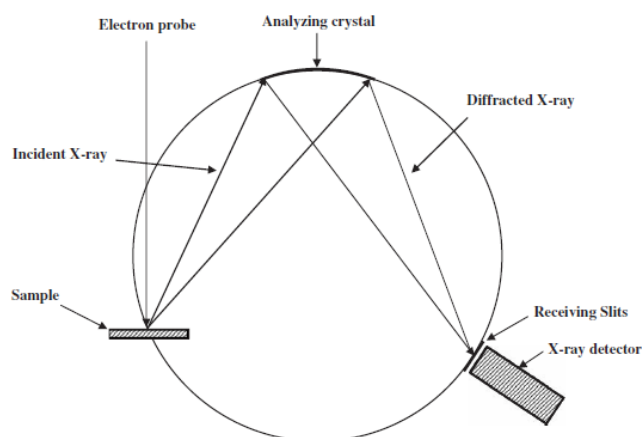


Figura 5 – Ilustração esquemática da análise do *set-up* da espectroscopia de fluorescência de raios-X dispersiva em comprimento de onda (Adaptado de, Ul-Hamid *et al.*, 2006).

Alternativamente pode ser utilizada a técnica *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS). Nela os raios X são detetados e processados pelo aparelho e, posteriormente, os dados são convertidos num histograma, que consiste numa série de picos que quantificam e representam cada elemento existente na amostra (Bonaccorso *et al.*, 2008). A quantificação dos elementos pela técnica EDS é realizada em simultâneo, obtendo uma visão geral da composição da amostra (Queiroz *et al.*, 2012).

Quando a amostra é irradiada com fotões com uma determinada energia, estes podem ser absorvidos ou dispersos pelo átomo da amostra. O efeito fotoelétrico consiste numa interação entre fotões incidentes de uma amostra e os átomos dos elementos presentes nesta (Cesareo, 2010; Ul-Hamid *et al.*, 2006). Tal, traduz-se na seguinte sequência de eventos: o electrão do nível mais interno absorve a energia tornando-se ionizado, o local deste fica vago, sendo posteriormente preenchido por outro electrão. Esta transição leva à emissão de fotões cuja energia corresponde à diferença entre os dois níveis. Cada elemento da amostra possui electrões com níveis específicos de energia e assim, as

energias de raios X emitidas são características de cada elemento, sendo expressas em *Kiloelectron volt* (keV). Como indicado na Figura 6 e na Tabela 2 (Cesareo, 2010; Ul-Hamid *et al.*, 2006).

Tabela 2 - Energia (em keV) dos raios-X, para a análise através da técnica WDXRF (Bruker, 2015).

Z	Elemento	K α 1	K β 1	L α 1	L β 1
8	O	0,525			
11	Na	1,040			
12	Mg	1,254	1,302		
14	Si	1,740	1,837		
16	S	2,309	2,465		
20	Ca	3,692	4,013	0,341	0,345
22	Ti	4,512	4,933	0,452	0,458
30	Zn	8,637	9,570	1,012	1,035
38	Sr	14,165	15,835	1,806	1,871
40	Zr	15,775	17,668	2,044	2,126
56	Ba	32,194	36,378	4,466	4,828

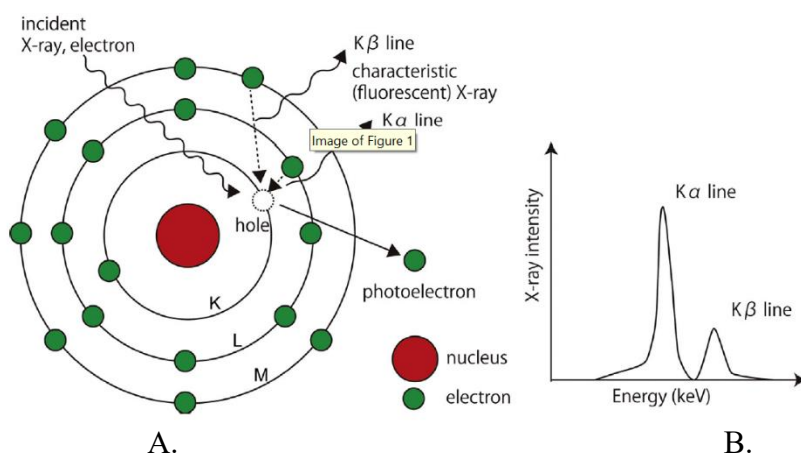


Figura 6 – A. Mecanismo de geração característicos de raios-X. B. Espectrograma (Uo *et al.*, 2015).

I.5 Importância do Estudo

Os cones de guta-percha são o material dentário mais amplamente utilizado pelos endodontistas como fim de preenchimento dos canais radiculares. Apesar do seu amplo uso, este material carece de investigação científica mais sólida e atual sobre as suas características e propriedades.

Estão disponíveis no mercado português diversas marcas de cones de guta-percha. Porém, a grande maioria dos fabricantes não especifica a quantidade e diversidade das substâncias químicas que os constituem. Como tal, torna-se difícil prever o comportamento clínico dos diferentes cones, bem como compreender as suas possíveis interações com o NaClO.

Este estudo visa investigar e detalhar a composição química e física, as propriedades antimicrobianas e radiopacas de 5 marcas de cones de guta-percha. Sendo o protocolo de desinfeção rápida imperativo na prática clínica, pretende-se ainda avaliar as possíveis alterações que possam ocorrer nos materiais após aplicação de um protocolo de rotina.

No final, será relevante avaliar e comparar os resultados obtidos com estudos anteriores, inclusive as diferenças das composições químicas das diferentes marcas de cones de guta-percha dado que, estas possuem implicações clínicas no tratamento endodôntico. Na secção seguinte, descreve-se detalhadamente os objetivos de trabalho e a hipóteses subjacente.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESES

Objetivo Geral

O objetivo do presente projeto visa avaliar a composição química e respetivas as propriedades físicas de 5 marcas de cones de guta-percha comercializadas em Portugal, e as possíveis alterações nas mesmas após a execução do protocolo de desinfeção rápida.

Objetivos específicos

- Analisar e comparar as 5 marcas de cones de guta-percha antes do protocolo de desinfeção rápida, no que respeita à composição química, radiopacidade e atividade antimicrobiana.
- Determinar se existem alterações químicas após o protocolo de desinfeção rápida, nos cones de guta-percha.
- Determinar se existem alterações a nível da radiopacidade após o protocolo de desinfeção rápida, nos cones de guta-percha.
- Determinar se existem alterações a nível da atividade antibacteriana dos cones de guta-percha após o protocolo de desinfeção rápida.

Hipóteses Propostas

Hipóteses P1:

H0: Não existem alterações na composição química, radiopacidade e atividade antimicrobiana antes do protocolo de desinfeção rápida.

H1: Existem alterações na composição química, radiopacidade e atividade antimicrobiana antes do protocolo de desinfeção rápida.

Hipóteses P2:

H0: Não existem alterações químicas após o protocolo de desinfeção rápida.

H1: Existem alterações químicas após o protocolo de desinfeção rápida.

Hipóteses P3:

H0: Não existem diferenças a nível da radiopacidade após o protocolo de desinfecção rápida.

H1: Existem alterações diferenças a nível da radiopacidade após o protocolo de desinfecção rápida.

Hipóteses P4:

H0: Não existem alterações a nível da inibição antimicrobiana após o protocolo de desinfecção rápida.

H1: Existem alterações a nível da inibição antimicrobiana após o protocolo de desinfecção rápida.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Local de estudo

Esta investigação foi realizada no Instituto Universitário Egas Moniz, no laboratório de Microbiologia e na Clínica Universitária da Cooperativa de Ensino Superior Egas Moniz, bem como Faculdade de Ciências e Tecnologias -NOVA, Departamento de Química.

III.1. Reagentes

Ao longo deste trabalho de investigação, foram utilizados os seguintes reagentes: Clorofórmio, da marca *Fisher Chemical*, com pureza de 99,8%, Acetona, da marca *Chem-Lab NV*, com pureza 99,5%, Água destilada, NaClO, cuja percentagem 5,25% e Álcool a 96%. Igualmente, foram utilizadas as seguintes estripes bacterianas: *Enterococcus faecalis* (CECT 481) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) e os meios de *Muller Hinton* e *TSA - Tryptic soy agar*.

III.1.1. Cones de guta-percha

Neste trabalho, foram utilizados cones de guta-percha de cinco marcas comercializadas em Portugal, nomeadamente, *Autofit 6%*, *Cerkamed 6%*, *Reciproc R25 VDW*, *ProTaper Gold Dentsply Sirona F2* e *Zarc Z4 BlueShaper 6%*, todos calibrados a nº 25. A Tabela 3 descreve a informação disponibilizada pelas marcas, assim como os respetivos lotes e validades.

Tabela 3 – Marcas dos cones de guta-percha estudados neste trabalho e respetivos lote, validade, e composição, de acordo com o fabricante.

Marcas/Fabricante	Composição	Lote	Validade
<i>Cerkamed</i>	Guta-percha;	2046C	2026/03
	Óxido de zinco;	0388M	2024/11
	Sulfato de Bário;		

<i>ProTaper Gold– Dentsply Sirona</i>	--	0000310055 0000322559 0000299316 0000332500 0000313322	2025/07 2025/04 2025/11 2025/11 2025/08
<i>Reciproc R25 - VDW</i>	Guta-percha; Óxido de zinco; Pigmentos Orgânicos; S/ látex; Compostos sintéticos;	377070N 375648N 378374N	2025/06 2025/01 2025/11
<i>Autofit - Kerr Endodontics</i>	Guta-percha; Óxido de zinco; S/látex; Agentes corantes;	GE2104U086 GE2105U114 GE2203U004	2025/04 2025/05 2026/03 2026/03
<i>Zarc - BlueShaper</i>	--	210530 210830	2024/05 2024/08

Os cones de guta-percha foram divididos em 3 grupos: o primeiro sem qualquer tratamento prévio, e os outros dois sujeitos a um pré-tratamento de desinfecção rápida, conforme abaixo:

- Grupo C: Cones de guta-percha, sem nenhum tipo de tratamento de desinfecção (controlo).
- Grupo S: Cones de guta-percha desinfetados com 10 ml (mililitros) de NaClO a 5,25%, numa caixa de *petri*, durante 1 min.
- Grupo A: Cones de guta-percha desinfetados com 10 ml de NaClO a 5,25%, lavados posteriormente com álcool a 96%, numa caixa de *petri*, durante 1 min.

A Tabela 4 seguinte descreve os códigos atribuídos a cada uma das marcas de guta-percha usadas neste estudo, bem como aos dois protocolos de desinfecção rápida utilizados.

Tabela 4 - Código das guta-percha, segundo a marca, e tipo de pré-tratamento.

	Controlo (C)	Hipoclorito (S)	Hipoclorito + Álcool (A)
<i>Cerkamed (C)</i>	CC	CS	CA
<i>Autofit (A)</i>	AC	AS	AA
<i>ProTaper Gold (P)</i>	PC	PS	PA
<i>Reciproc (R)</i>	RC	RS	RA
<i>Zarc (Z)</i>	ZC	ZS	ZA

- ✓ Tubos centrífuga, 30 ml, Etileno Propileno Fluorado (FEP), *Teflon*
- ✓ Tubos de centrífuga, 15ml, tipo I, classe B, vidro de borossilicato, *Kimble Glass*
- ✓ Centrifugadora, *Eppendorf, Centrifuge 5810 & rotor, F 24–6–28*
- ✓ Balança Analítica, *Ohaus, Pioneer*
- ✓ Equipamento dentário sistema de obturação de guta-percha – *SuperEndo-beta, B&L Biotech*
- ✓ Equipamento *S4 Pioneer Bruker AXS*.
- ✓ Prensa Hidráulica - *Specac, PT. No. 3165*
- ✓ Placa de agitação, e aquecimento, *LBX Instruments, H03D series*
- ✓ Bomba de vácuo, *KNF, N022AT.18*
- ✓ Câmara de fluxo laminar *Ninolabinterior, ninoSAFE class II 1200 Value*
- ✓ Sistema de Instrumentação Mecânica *BlueShaper* da *Zarc*
- ✓ Sistema de aquisição de imagens digitais *PSPIX*

III.2. Avaliação da composição química dos cones de guta percha

Para a determinação da composição química em termos de frações orgânica e inorgânica, dos cones de guta-percha de cada marca de estudo, foi realizado um protocolo adaptado daquele que foi proposto por Friedman *et al.*, em 1975, conforme mostrado no esquema 1, e abaixo explicado em detalhe. Todos os ensaios foram repetidos em triplicado.

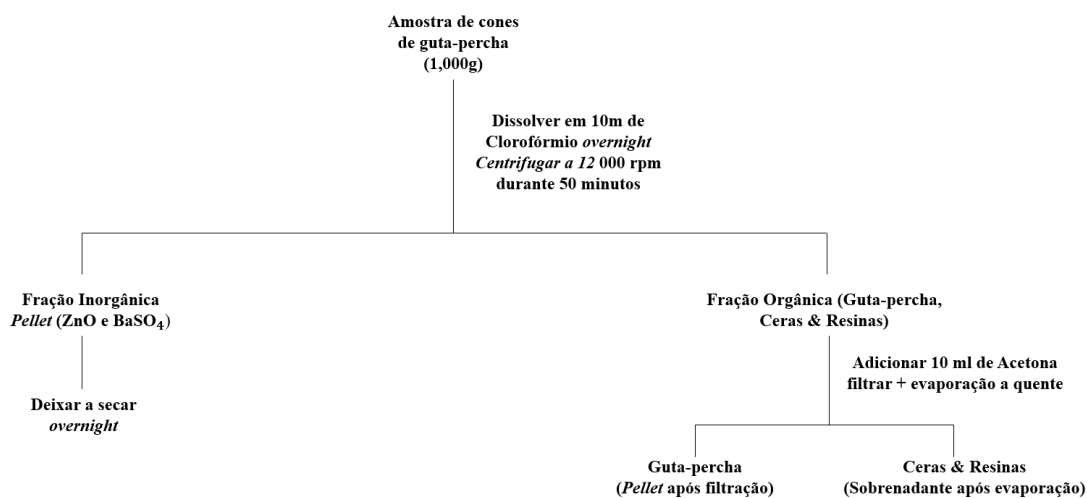


Figura 7 - Esquema do protocolo (Adaptado por Friedman *et al.* 1975).

Inicialmente, foram colocados 1,0 g de cones de gutta-percha em tubos de centrífuga *FEP* ou *Kimble* previamente tarados, aos quais se adicionou 10 ml de clorofórmio. Para total dissolução do material, o tubo foi deixado sobre agitação magnética durante 24h. Após este período de tempo, a barra magnética foi retirada¹ e os tubos foram centrifugados a 12000 rpm, durante 50 min.

Após a centrifugação, obteve-se um *pellet* constituído por **componentes inorgânicos** (ZnO e BaSO₄) e, e o sobrenadante correspondente à **fração orgânica** (gutta-percha e ceras/resinas).

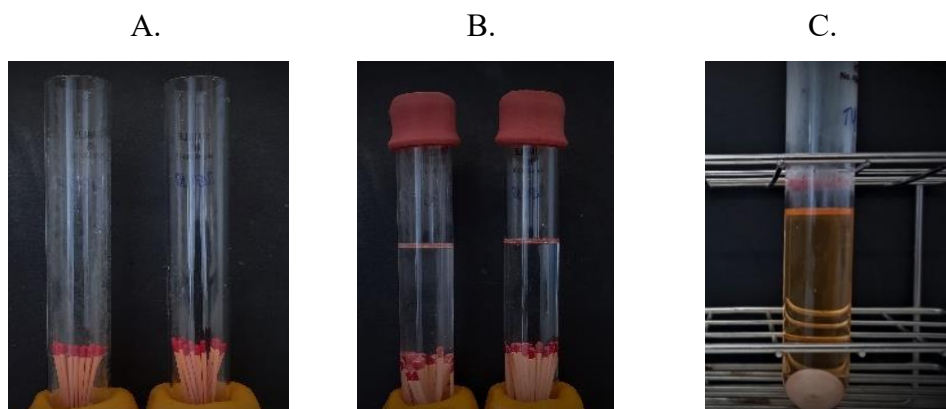


Figura 8 – A - Tubo *Kimble* contendo 1.0g de gutta-percha. B - Tubo *Kimble* contendo 1.0g gutta-percha e 10ml clorofórmio. C - Separação da fração orgânica e inorgânica após centrifugação.

1 - Momento crítico, aquando da remoção da barra magnética esta apresenta solução em seu redor.

III.2.1. Fração orgânica

Ao sobrenadante obtido no passo anterior, adicionou-se 10 ml de acetona. Como a guta-percha é insolúvel neste solvente, forma-se de imediato um precipitado floculoso. Este último foi separado por filtração em vácuo (a massa do papel de filtro previamente determinada).

Este procedimento foi repetido 3 vezes, de modo a aumentar o rendimento da extração de guta-percha.

Após realizada a filtração, o papel de filtro contendo a guta-percha foi depositado num exsiccador contendo sílica gel, durante 12h, a fim de evaporar a acetona residual.

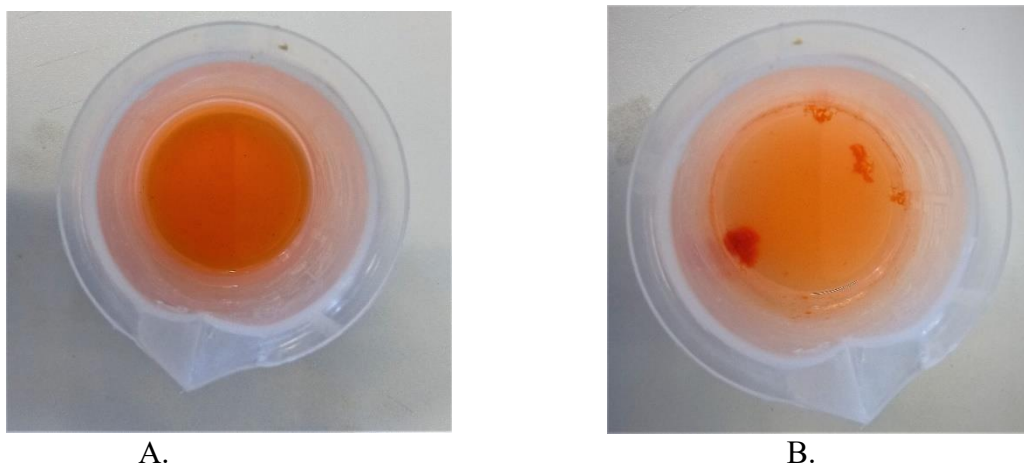


Figura 9 – A - Sobrenadante obtido após a centrifugação. B - Precipitado formado após a adição de acetona ao sobrenadante.

O filtrado (sobrenadante tratado com acetona) foi transferido do *Kitasato* para um *gobelet* ou *Erlenmeyer* (previamente tarado), o qual foi colocado numa placa de aquecimento a 60°C, a fim de recuperar as ceras/resinas dos cones de guta-percha.

Por meio de pesagem do papel de filtro contendo a guta-percha, e do *gobelet* contendo as ceras/resinas, determinou-se a massa que foi recuperada de cada um destes componentes em cada uma das amostras de cones/grupo.



Figura 10 – Papel de filtro contendo o precipitado (guta-percha) após secagem no exsiccador.

III.2.3. Fração inorgânica

Após a centrifugação inicial, o *pellet* obtido pela dissolução da gutta-percha e clorofórmio, foi deixado a secar na *hotte, overnight*. A quantificação da massa total da fração orgânica é realizada pela pesagem dos tubos de centrífuga (*FEP* ou *Kimble*), após o conteúdo destes estar completamente seco.

III.3. Análise elementar por WDXRF

Para análise semi-quantitativa da composição elementar dos cones de gutta-percha pela técnica de WDXRF, foi utilizado o equipamento da *S4 Pioneer Bruker AXS*.

Para a realização desta análise, a parte superior colorida de cada cone foi removida com recurso a uma tesoura esterilizada.

Foi utilizado 1,0 g de cones de gutta-percha, os quais foram termoplastificados com recurso ao sistema de obturação de gutta-percha – *SuperEndo-beta*, a uma temperatura de 200°C obtendo-se um aglomerado de gutta. Posteriormente, este aglomerado foi sujeito a uma força de 10 toneladas com recurso a prensa hidráulica – pastilhador, obtendo-se uma “pastilha” circular uniforme, com cerca de 2 cm de diâmetro e 5 mm de espessura.

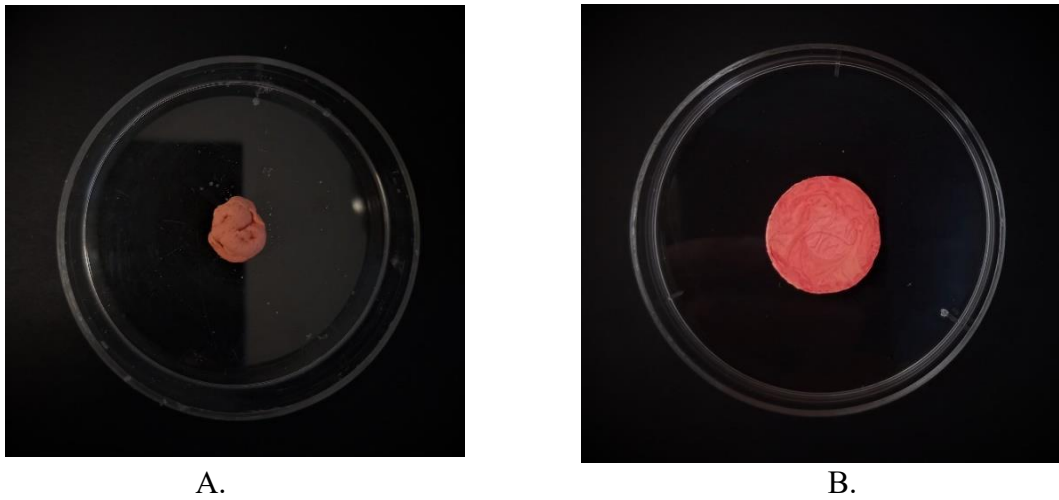


Figura 11 – A - Aglomerado de guta-percha após termoplastificação. B - “Pastilha” circular após prensa de 10 toneladas.

As “pastilhas” foram colocadas em porta-amostras de aço com 8 mm de abertura de diâmetro, e foi então realizada a análise da composição elementar de cada amostra em vácuo com um espectrômetro (*S4 Pioneer Bruker AXS*) com potência de 4 kW.

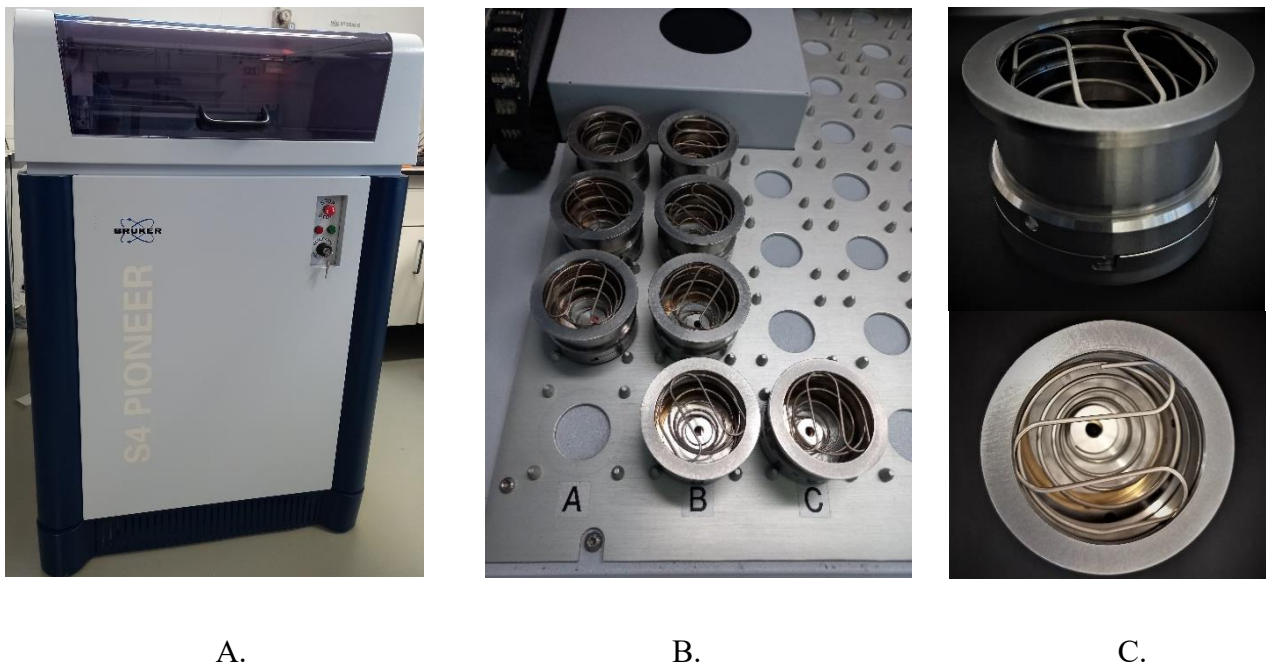


Figura 12 – A - Equipamento da *S4 Pioneer Bruker AXS*. B - Interior do equipamento. C. Porta amostra.

III.4. Avaliação da radiopacidade dos cones de guta-percha

A instrumentação dos blocos de acrílico de Polimeilmetacrilato (PMMA) foi realizada com o sistema *BlueShaper* da *Zarc* (Z1 - Z4) terminando com calibre apical em D0 de 0,25 mm. Com o recurso de uma régua calibradora, foi realizada a calibração dos cones de guta-percha das marcas *Autofit* 6%, *Cerkamed* 6%, de modo que estes tivessem um calibre de 0,25 mm.

Para manter as mesmas condições experimentais, foi confeccionado um suporte para o *stepwedge* de Alumínio (Al) e o bloco de acrílico de modo que, estes mantivessem sempre na mesma posição. O foco-detetor foi posicionado a uma distância de 27 cm do suporte.

As imagens digitais foram analisadas, na transição entre o terço apical e o terço médio, com o recurso do *software* gráfico *Gimp* 2.0. Os valores médios dos *pixels* da escala de cinza em cada área selecionada (0 [preto] a 255 [branco]) de regiões selecionadas da imagem foram medidos usando a ferramenta de histograma e registada a densidade radiográfica. Adicionalmente, a análise da radiopacidade foi determinada pela comparação com os degraus do *stepwedge* de Al, através dos valores de escala de cinza semelhantes às amostras.

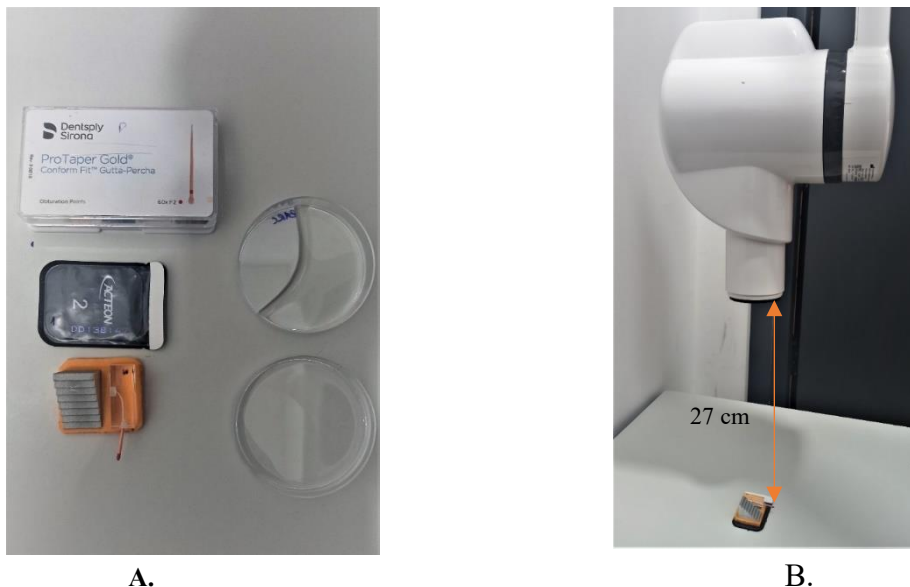


Figura 13 – A) Material utilizado no ato experimental. B) Montagem do sistema de aquisição de imagens e o suporte com *stepwedge* de Al e bloco de PMMA.

III.5. Avaliação da atividade antimicrobiana

O protocolo foi realizado ao longo de três dias, conforme abaixo:

Dia #1

Foram inoculados 2 meios de TSA com as bactérias *Enterococcus faecalis* CECT 481 e *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, e incubados a 37° C, durante 24h.

Dia #2

Foram preparadas, em condições de assepsia, suspensões de cada microrganismo, em água destilada estéril, com uma concentração de 1×10^8 ufc/ml (unidades formadoras de colônias/ml), o que corresponde a uma turvação de 1,0, na escala de *Mc Farland*. Seguidamente, com uma zaragatoa estéril, procedeu-se à inoculação em meio de agar de *Muller Hinton*, de *Enterococcus faecalis*, e de *Staphylococcus aureus*.

No interior de cada placa de agar inoculadas, foram colocados 3 cones de guta-percha de cada marca, cada qual correspondendo a um dos 3 grupos de estudo: cone controlo sem qualquer tipo de desinfecção (grupo C), cone desinfetado com hipoclorito de sódio 5,25% durante 1 minuto (grupo S) e um cone desinfetado com hipoclorito 5,25% (1 min) e lavado com álcool a 96% (grupo A) (Figura 23A). As placas foram incubadas a 37°C, durante 24 horas, *overnight*.

Dia #3

Procedeu-se à observação da ocorrência (ou não) da formação de halos, à volta de cada cone colocado no Meio de *Muller Hinton*, ou seja, se se verificou ou não inibição de crescimento (Figura 23B).

III.6. Análise Estatística

Os dados recolhidos da análise da composição química e radiopacidade foram analisados com recurso a metodologia de análise estatística descritiva e inferencial, utilizando o *software IBM SPSS Statistics*, versão 28. Para a análise comparativa dos valores médios obtidos para as diferentes marcas, foi utilizado o teste paramétrico ANOVA *one way*, com correção de *Brown-Forsythe*. Todas as análises inferenciais foram efetuadas considerando um nível de significância de 5%.

Para os resultados obtidos da análise pela técnica WDXRF foi efetuada uma análise descritiva.

IV. RESULTADOS

IV.1 Composição química dos cones de guta-percha

IV.1.1 Análise da fração orgânica e inorgânica

Ao conteúdo em fração orgânica (guta-percha e ceras/resinas) e inorgânica dos cones de guta-percha foi determinado de acordo com a metodologia descrita no Capítulo III, secção 2. Na Tabela 5, constam os resultados relativos ao grupo C, em percentagem da composição em fração inorgânica, guta-percha, ceras e resinas e fração orgânica total.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 5 e na Figura 14, no que diz respeito à fração inorgânica, as marcas *Autofit* e *Zarc* apresentam percentagens mais elevadas, com valores de 83,2 e 81,6%, respetivamente, sendo as diferenças entre si estatisticamente significativas. As marcas *Cerkamed* e *Reciproc* apresentam valores de percentagem de 79,1%, 77,7%, sendo que não existem diferenças estatisticamente significativas entre estas marcas, bem como entre a marca *Cerkamed* e *Zarc*. A marca *ProTaper Gold* apresenta o valor mais baixo de todos, 74,9%, sendo que esta marca apresenta diferenças estatisticamente significativas, comparativamente às restantes marcas.

Tabela 5 - Composição relativa (%) do grupo C, relativamente ao conteúdo de fração inorgânica e orgânica, guta-percha, ceras & resinas (apresentados na forma valor médio \pm desvio padrão (VM \pm DP), das 5 marcas de cones de guta-percha.

Marca	Fração Inorgânica VM \pm DP	Guta-percha VM \pm DP	Ceras & Resinas VM \pm DP	Fração Orgânica VM \pm DP	Total (% de Recuperação) VM \pm DP
<i>Cerkamed</i>	79,135 \pm 0,004	17,114 \pm 0,011	1,420 \pm 0,005	18,534 \pm 0,007	97,669 \pm 0,041
<i>Autofit</i>	83,167 \pm 0,006	11,262 \pm 0,007	2,183 \pm 0,007	13,446 \pm 0,008	96,613 \pm 0,004
<i>ProTaper Gold</i>	74,023 \pm 0,004	18,420 \pm 0,030	3,494 \pm 0,003	21,914 \pm 0,032	95,937 \pm 0,028
<i>Reciproc</i>	77,645 \pm 0,020	15,101 \pm 0,011	1,951 \pm 0,001	17,053 \pm 0,012	94,697 \pm 0,025
<i>Zarc</i>	81,592 \pm 0,034	13,669 \pm 0,026	1,495 \pm 0,002	15,164 \pm 0,027	96,756 \pm 0,015

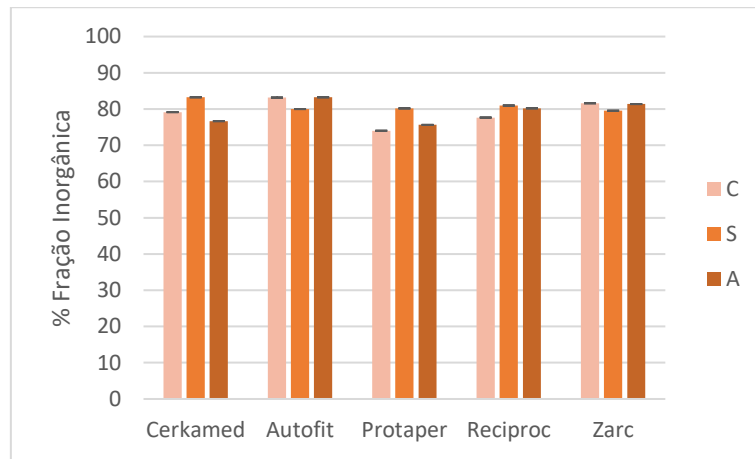


Figura 14 - Composição (%) em fração inorgânica e respetivo desvio padrão dos cones de guta percha em estudo, antes e após tratamentos de desinfecção (grupos C, S e A). Cada ensaio foi realizado em triplicado.

No que se refere ao conteúdo em guta-percha, conforme apresentado na Tabela 5 e esquematizado no gráfico da Figura 15, a marca *ProTaper Gold* revelou a percentagem mais elevada, 18,4%, seguindo-se *Cerkamed* e *Reciproc* com valores de 17,1% e 15,1%, respetivamente. Por sua vez, as marcas *Zarc* e *Autofit* apresentam os valores mais baixos de 13,7% e 11,3%, respetivamente. A análise permite aferir que existem diferenças estatisticamente significativas entre todas as marcas, exceto entre a marca *Cerkamed* com *ProTaper Gold* e *Reciproc*, também não havendo diferenças entre as marcas *Zarc* e *Reciproc*.

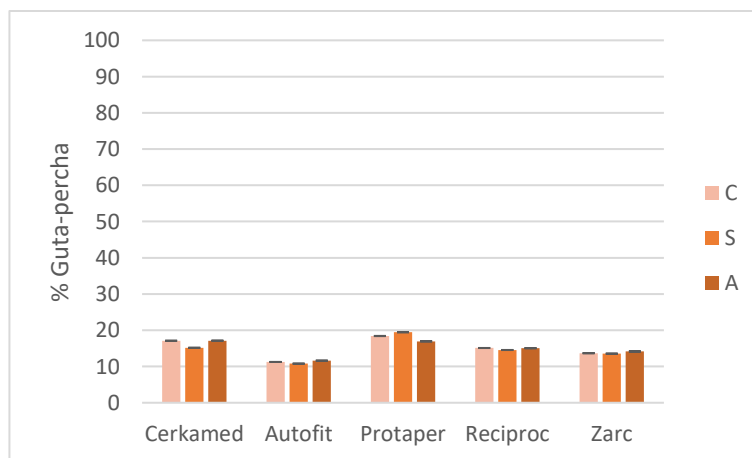


Figura 15 - Composição em (%) fração orgânica e respetivo desvio padrão dos cones de guta percha em estudo, antes e após tratamentos de desinfecção (grupos C, S e A). Cada ensaio foi realizado em triplicado.

Quanto à composição em ceras/resinas (Figura 16), a marca *ProTaper Gold* apresenta a percentagem mais elevada de todas as marcas, 3,5%, sendo que, as marcas *Autofit* e *Reciproc* apresentam percentagens semelhantes, sendo os seus valores de 2,2% e 2,0%, respetivamente. A marca *Zarc* e *Cerkamed* revelam percentagens mais baixas, 1,5% e 1,4%, respetivamente, sendo que estes valores não são estatisticamente significativos.

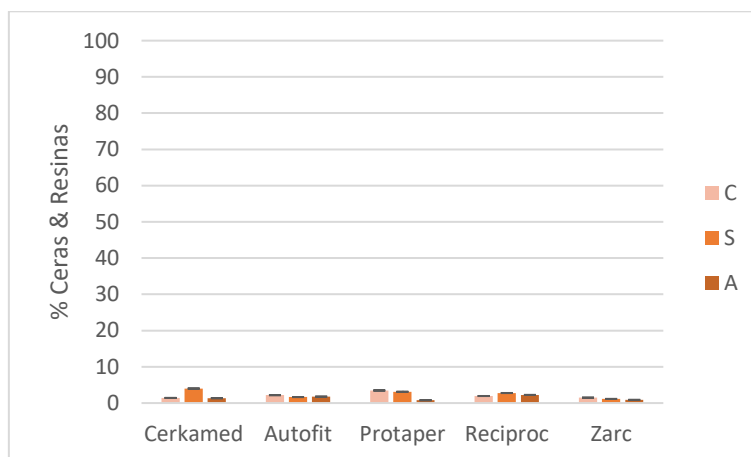


Figura 16 - Composição em (%) ceras & resinas e respetivo desvio padrão dos cones de guta percha em estudo, antes e após tratamentos de desinfecção (grupos C, S e A). Cada ensaio foi realizado em triplicado.

Em relação à fração orgânica total, de entre estas 5 marcas (Figura 17), a marca *ProTaper Gold* possui a maior percentagem, com um valor de 21,9%, seguida da *Cerkamed* e *Reciproc*, com valores de 18,5% e 17,1%, respetivamente. As percentagens mais baixas correspondem às marcas, *Zarc* e *Autofit*, com valores de 15,2% e 13,5%, respetivamente. Dado que a guta-percha se encontra presente na fração orgânica, estas duas componentes encontram-se relacionadas. Assim, a marca com o maior conteúdo em guta-percha é também a que apresenta maior percentagem de fração orgânica total, e vice-versa.

Conforme a análise estatística (Tabela 6), as diferenças observadas entre as percentagens de fração orgânica em todas as marcas são estatisticamente significativas, exceto entre a *Reciproc* com *Cerkamed* e *Zarc* e, bem como entre a *Autofit* e *Zarc*. É de notar que o mesmo acontece em relação à percentagem de guta-percha, exceto no caso de *Autofit* e *Zarc*.

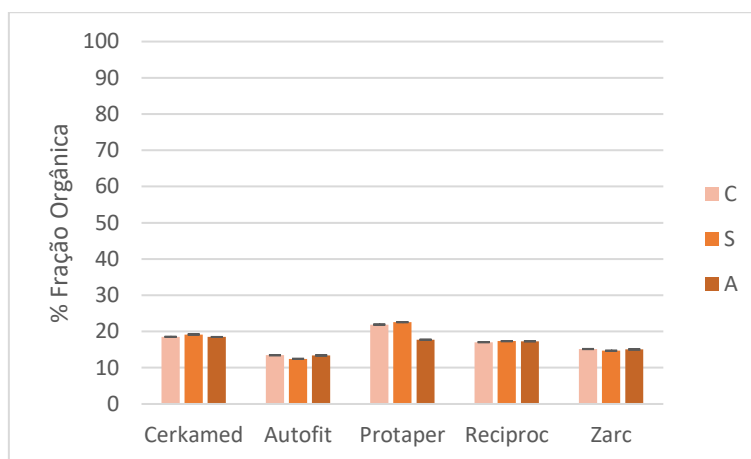


Figura 17 - Composição em (%) fração orgânica e respetivo desvio padrão dos cones de guta percha em estudo, antes e após tratamentos de desinfecção (grupos C, S e A). Cada ensaio foi realizado em triplicado.

Considerando os valores médios das massas recuperadas, estes situam-se entre 97,67% e 94,70%.

Constam também, nas Tabelas 6 e 7 os valores de significância resultantes de comparações múltiplas dos valores médios entre as percentagens de fração orgânica, guta, ceras e resinas, e fração inorgânica das 5 marcas (C) com os respetivos grupos de tratamento (S, A), a fim de identificar possíveis alterações na composição química após o protocolo de desinfecção rápida.

Tabela 6 - Valores de significância relativos à comparação aos valores médios dos conteúdos da fração inorgânica, orgânica, guta-percha e ceras & resinas grupo C ($p < 0,05^*$)

Marcas		Fração Inorgânica	Fração Orgânica	Guta-percha	Ceras & Resinas
Autofit	<i>Cerkamed</i>	0,001*	0,001*	0,001*	0,940
	<i>ProTaper Gold</i>	0,001*	0,001*	0,001*	0,775
	<i>Reciproc</i>	0,001*	0,001*	0,001*	0,900
	<i>Zarc</i>	0,070	0,300	0,012*	0,660
Cerkamed	<i>Autofit</i>	0,001*	0,001*	0,001*	0,940
	<i>ProTaper Gold</i>	0,001*	0,249	0,138	0,995

	<i>Reciproc</i>	1,000	0,513	0,232	1,000
	<i>Zarc</i>	0,073	0,003*	0,008*	0,240
<i>ProTaper Gold</i>	<i>Autofit</i>	0,001*	0,001*	0,001*	0,775
	<i>Cerkamed</i>	0,001*	0,249	0,138	0,995
	<i>Reciproc</i>	0,001*	0,007*	0,001*	0,999
	<i>Zarc</i>	0,001*	0,001*	0,001*	0,115
<i>Reciproc</i>	<i>Autofit</i>	0,001*	0,001*	0,001*	0,900
	<i>Cerkamed</i>	1,000	0,513	0,232	1,000
	<i>ProTaper Gold</i>	0,001*	0,007*	0,001*	0,999
	<i>Zarc</i>	0,060	0,146	0,563	0,193
<i>Zarc</i>	<i>Autofit</i>	0,073	0,300	0,012*	0,660
	<i>Cerkamed</i>	0,001*	0,003*	0,008*	0,240
	<i>ProTaper Gold</i>	0,001*	0,001*	0,001*	0,115
	<i>Reciproc</i>	0,060	0,146	0,563	0,193

Tabela 7 – Valores de significância resultantes da comparação entre os diferentes grupos experimentais (C, S, A) no respeitante à fração inorgânica e orgânica, guta-percha, ceras & resinas, ($p < 0,05$)*

Grupo	Grupos	Fração Orgânica	Fração Inorgânica	Guta-percha	Ceras & Resinas
Controlo (C)	Hipoclorito de sódio (S)	0,265	1,000	0,746	0,524
	Hipoclorito de sódio +álcool (A)	0,238	0,493	0,964	0,204
Hipoclorito de sódio (S)	Controlo (C)	0,265	1,000	0,746	0,524
	Hipoclorito de sódio +álcool (A)	0,998	0,479	0,883	0,021
Hipoclorito de sódio +álcool (A)	Controlo (C)	0,238	0,493	0,964	0,204
	Hipoclorito de sódio (S)	0,998	0,479	0,883	0,021

IV.1.2 Análise dos cones pela técnica WDXRF

Por meio da técnica de Fluorescência de Raios X Dispersiva em Comprimento de Onda (WDXRF), descrita no Capítulo II, seção 3, procedeu-se à análise semi-quantitativa dos cones de gutapercha das 5 marcas comerciais, *Autofit* 6%, *Cerkamed* 6%, *VDW Reciproc R25*, *Dentsply Sirona PTG F2* e *Zarc Z4* sujeitas a nenhum tratamento (Grupo C), ou após um tratamento de desinfecção rápida com hipoclorito (Grupo S) e hipoclorito e álcool (Grupo A). A análise dos resultados obtidos (Tabela 8) permite aferir que o ZnO é o óxido maioritário na constituição dos cones de gutapercha, cujas concentrações variam entre 67,0% e 57,9%. O segundo óxido mais abundante é o BaSO₄, cujas concentrações se encontram entre 21,9% e 7,10%, sendo que o terceiro óxido mais abundante é o óxido de Sódio (Na₂O), com concentrações entre 15,7% e 10,3%. É de notar que os três óxidos acima mencionados são comuns às 5 marcas em estudo.

Tabela 8 – Composição das marcas de cones de gutapercha em óxidos metálicos em percentagem (%) e o respetivo DP, no grupo C, através da técnica WDXRF.

	ZnO	BaSO ₄	Na ₂ O	TiO ₂	MgO	SiO ₂	CuO
<i>Zarc C</i>	60,7 ± 1,3	16,5 ± 0,2	13,6 ± 0,7	3,9 ± 0,1	1,6 ± 0,4	1,6 ± 0,6	0,074 ± 0,006
<i>ProTaper Gold</i>	57,9 ± 0,5	21,9 ± 1,3	11,4 ± 1,8	3,5 ± 0,5	1,2 ± 0,2	1,9 ± 0,4	0,087 ± 0,003
<i>Reciproc</i>	74,4 ± 0,3	7,10 ± 0,6	15,7 ± 1,2	-	-	-	0,075 ± 0,004
<i>Autofit</i>	67,0 ± 1,2	12,3 ± 0,1	15,0 ± 0,2	-	-	-	0,077 ± 0,001
<i>Cerkamed</i>	56,5 ± 0,2	16,0 ± 0,2	10,3 ± 0,9	6,9 ± 0,1	4,8 ± 0,7	4,0 ± 0,4	0,081 ± 0,002

Relativamente ao grupo C (Tabela 8), a análise dos resultados permite aferir que a marca *Reciproc* é a que apresenta concentração de ZnO mais elevada entre as 5 marcas de cones de gutapercha, correspondendo a um valor de 74,4%. A segunda marca com maior concentração de ZnO é *Autofit*, que apresenta um valor de 67%. A marca *Zarc* e *ProTaper Gold* revelam concentrações ZnO de 60,7% e 57,9%, respetivamente. A concentração mais baixa de ZnO encontra-se na marca *Cerkamed*, com um valor de 56,5%.

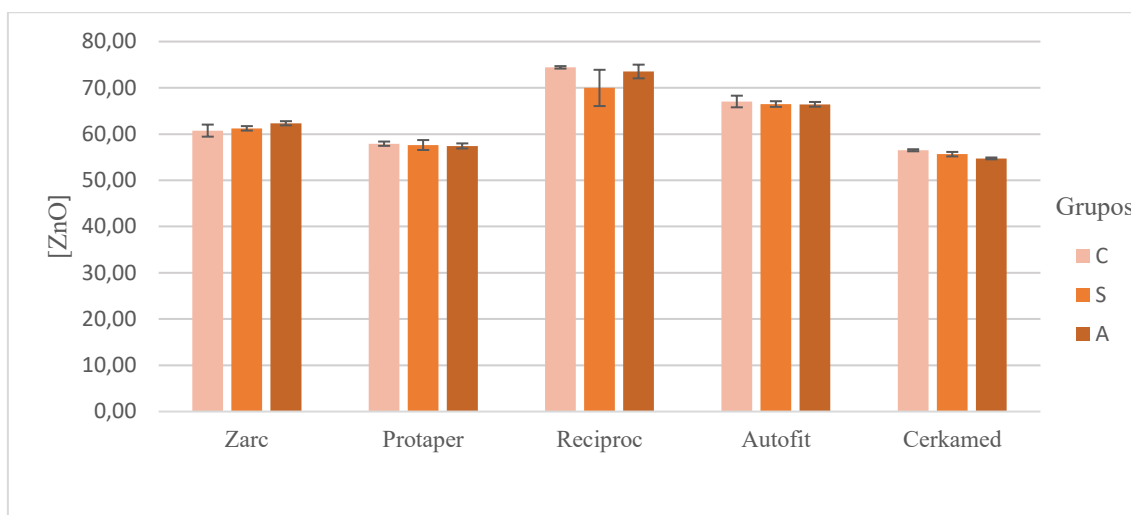


Figura 18 – Gráfico das concentrações de ZnO com o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A das 5 marcas de estudo.

Quanto ao BaSO_4 (Figura 19), a marca *ProTaper Gold* apresenta o valor mais elevado de concentração neste óxido, 21,9%, seguida das marcas *Zarc* e *Cerkamed*, as quais possuem concentrações muito próximas entre si, 16,5% e 16,0%. Já as marcas *Autofit* e *Reciproc* apresentam as concentrações mais baixas de 12,3% e 7,10%, respetivamente.

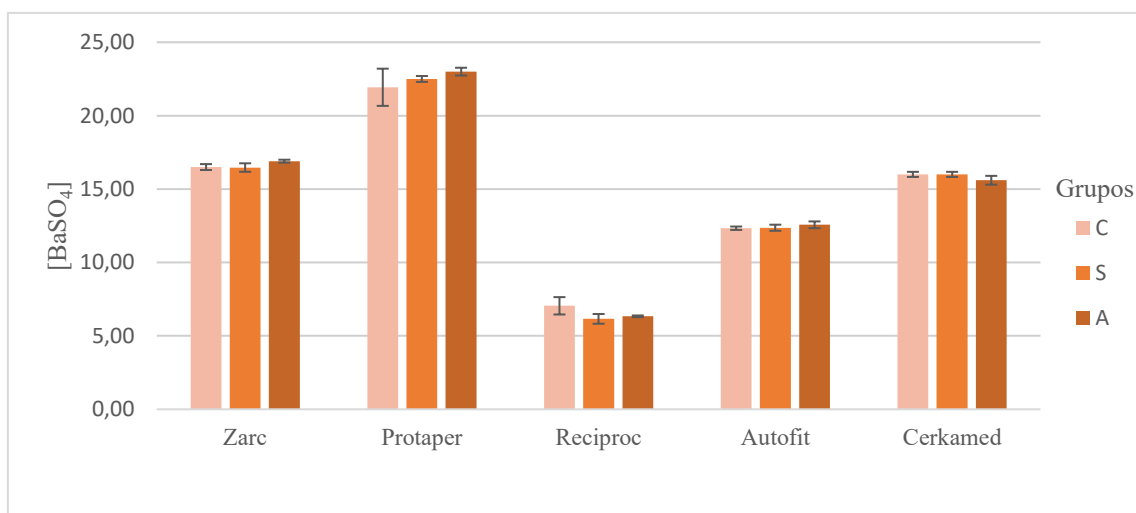


Figura 19 - Concentrações de BaSO_4 com o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A das 5 marcas de estudo.

No respeitante ao Na_2O , conforme os valores apresentados na Tabela 8 e o gráfico da Figura 20, este óxido metálico apresenta diferentes concentrações, de marca para marca,

sendo que a marca *Reciproc* apresenta o valor mais elevado de 15,7% e a marca *Cerkamed* o valor mais baixo de 10,3%. Analogamente, as concentrações do óxido de Cobre (CuO) são muito semelhantes entre as 5 marcas analisadas neste estudo, como está descrito na Tabela 8 e no gráfico da Figura 21.

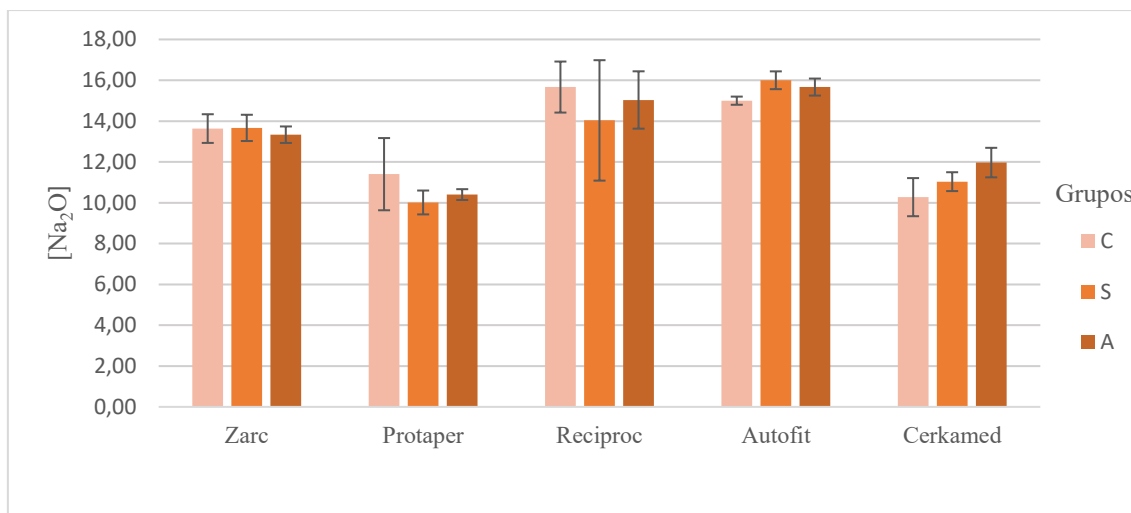


Figura 20 - Concentrações de Na₂O e o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A, das 5 marcas em estudo.

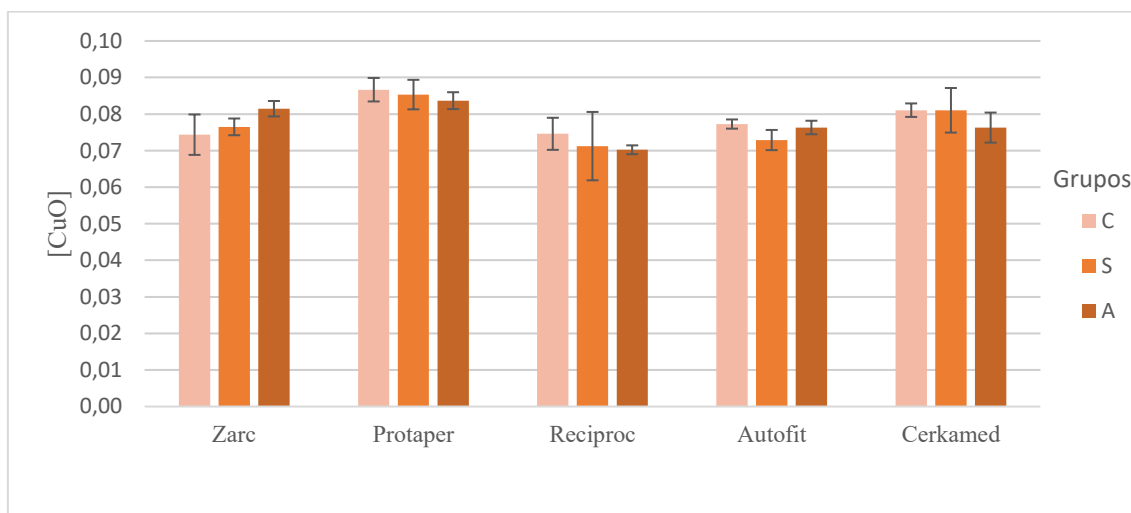


Figura 21 - Concentrações de CuO e o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A, das 5 marcas em estudo.

No que concerne às comparações após a aplicação os diferentes tipos de tratamento, grupo S e A, com o grupo C, não se verificam diferenças significativas nas concentrações dos óxidos ZnO, BaSO₄, Na₂O e CuO, sendo que, as variações observadas nos gráficos das

Figuras 18 a 21 se encontram dentro do erro experimental. A presença do óxido de Titânio (TiO_2), óxido de Magnésio (MgO) e óxido de Silício (SiO_2) não é consistente em todas as marcas deste estudo. Deste modo, estes óxidos apenas foram analisados quando presentes.

A marca *Cerkamed* apresenta as concentrações mais elevadas de TiO_2 , MgO e SiO_2 , sendo estas 6,9%, 4,8%, 4,0%, respetivamente. A marca *Zarc* tem a segunda concentração mais elevada de TiO_2 , 3,9%, enquanto que a marca *ProTaper Gold* apresenta a segunda concentração mais elevada de SiO_2 , 1,9%.

IV.2 Análise da radiopacidade dos cones de guta-percha

A análise da radiopacidade dos cones de guta-percha em estudo foi determinada de acordo com metodologia descrita no Capítulo III, secção 3.3, os resultados estão apresentados na Tabela 9, enquanto os valores de significância relativos à comparação entre marcas se encontra na Tabela 10.

Tabela 9 - Valores médios das unidades de radiopacidade do grupo C e respetivos intervalos de confiança.

Marca	VM da Unidade de Radiopacidade	IC 95% Limite inferior	IC 95% Limite Superior
<i>Cerkamed</i>	125,1	124,0	126,1
<i>ProTaper Gold</i>	129,1	128,1	130,2
<i>Autofit</i>	130,2	129,1	131,2
<i>Reciproc</i>	132,6	131,6	133,6
<i>Zarc</i>	135,5	134,5	136,5

Tabela 10 - Valores de significância relativos à comparação entre os níveis de radiopacidade das 5 marcas estudadas no grupo C ($p < 0,05$)*.

<i>Cerkamed</i>	<i>ProTaper Gold</i>	0,001*
	<i>Autofit</i>	0,001*
	<i>Reciproc</i>	0,001*
	<i>Zarc</i>	0,001*
	<i>Cerkamed</i>	0,001*

<i>ProTaper Gold</i>	<i>Autofit</i>	0,639
	<i>Reciproc</i>	0,001*
	<i>Zarc</i>	0,001*
<i>Autofit</i>	<i>Cerkamed</i>	0,001*
	<i>ProTaper Gold</i>	0,639
	<i>Reciproc</i>	0,001*
	<i>Zarc</i>	0,001*
<i>Reciproc</i>	<i>Cerkamed</i>	0,001*
	<i>ProTaper Gold</i>	0,001*
	<i>Autofit</i>	0,001*
	<i>Zarc</i>	0,001*
<i>Zarc</i>	<i>Cerkamed</i>	0,001*
	<i>Autofit</i>	0,001*
	<i>Reciproc</i>	0,001*
	<i>ProTaper Gold</i>	0,001*

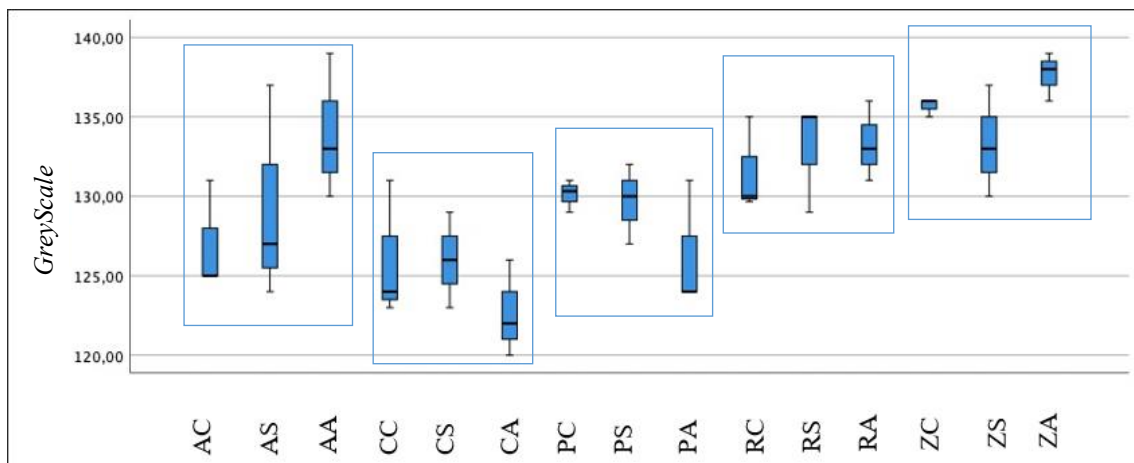


Figura 22 - Boxplot de diferentes níveis de radiopacidade dos 3 grupos gutta-percha (C, S, A).

Conforme os resultados da Tabela 10, existem diferenças estatisticamente significativas da radiopacidade entre todas as marcas estudadas, exceto entre as marcas *Autofit* e *ProTaper Gold*, que revelam níveis de radiopacidade semelhantes entre si, ou seja, 129,1 e 130,2, respectivamente. Em particular, a marca *Cerkamed* apresenta um valor de radiopacidade significativamente inferior

(125,1) ao das restantes marcas. Já a *Zarc* apresenta o valor mais alto de radiopacidade, 135,5, seguida da marca *Reciproc* com um valor de 132,6.

Procedeu-se a uma análise fatorial, comparando cada uma das marcas entre si. Dado não haver diferenças estatisticamente significantes entre as mesmas, e dado o tamanho da amostra ser bastante reduzido, as amostras foram reagrupadas segundo os grupos de tratamento (C, S, A). Os valores de significância obtidos da análise comparativa encontram-se descritos na Tabela 11 e representados na Figura 22. De acordo com os resultados, qualquer que seja a marca, os cones de guta-percha não alteram a sua radiopacidade quando tratadas com hipoclorito de sódio (S) e hipoclorito de sódio + álcool (A).

Tabela 11 – Valores de significância relativos às comparações entre os diferentes grupos experimentais (C, S, A), ($p < 0,05$)*

Grupo	Grupos	Significância (p)
Controlo (C)	Hipoclorito de sódio (S)	0,650
	Hipoclorito de sódio +álcool (A)	0,329
Hipoclorito de sódio (S)	Controlo (C)	0,650
	Hipoclorito de sódio +álcool (A)	0,601
Hipoclorito de sódio +álcool (A)	Controlo (C)	0,329
	Hipoclorito de sódio (S)	0,601

IV.3 Análise da atividade antimicrobiana dos cones de guta-percha

A atividade antimicrobiana dos cones de guta-percha (padronizados nº25) das 5 marcas comerciais, *Autofit 6%*, *Cerkamed 6%*, *VDW Reciproc R25*, *Dentsply Sirona PTG F2* e *Zarc Z4* foi testada diretamente em cones, usados tal como adquiridos (Grupo C), ou após um tratamento de desinfecção rápida com hipoclorito (Grupo S) e hipoclorito e álcool (Grupo A), conforme descrito no Capítulo III, secção 4.

Resumidamente, os diferentes grupos de cones foram colocados em placas de agar previamente inoculadas com as estirpes bacterianas *Enterococcus faecalis* e *Staphylococcus aureus*, e seguidamente as placas foram a incubar 24 horas, a 37°C. Em todos os casos, verificou-se que, nas condições estudadas, os resultados foram negativos, isto é, os cones de guta-percha não manifestaram atividade antimicrobiana quando em contacto com as bactérias acima referidas.

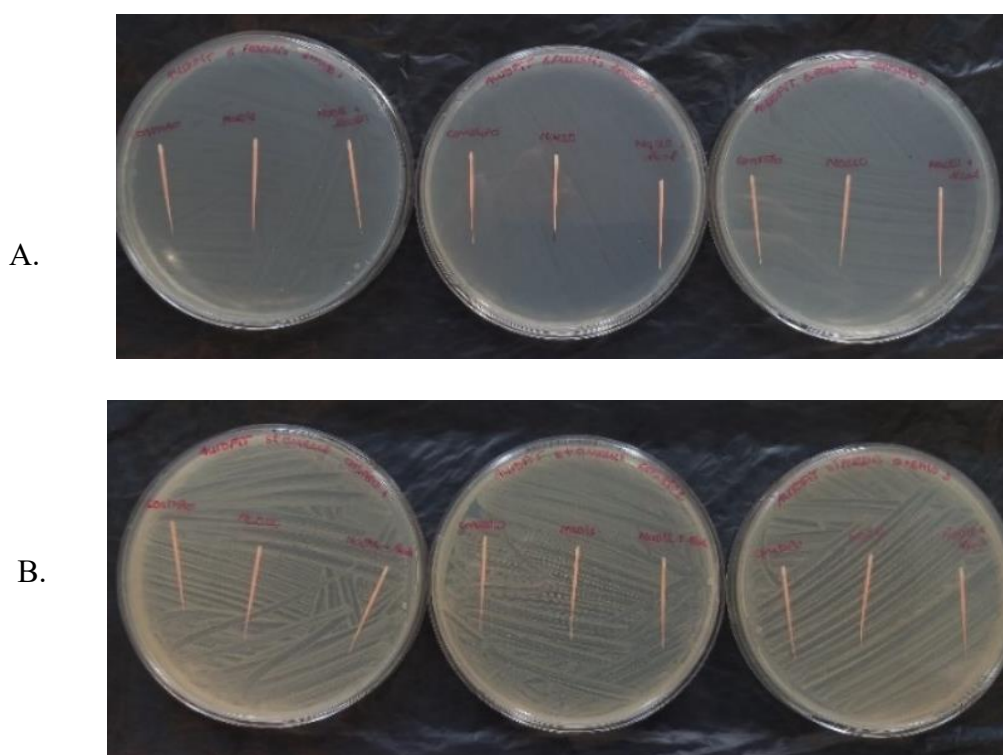


Figura 23 - A) Placas incubadas com *Enterococcus faecalis* e *Staphylococcus aureus*, e 3 cones de guta-percha da marca *Autofit*, cada qual correspondente aos grupos (C, S, A) no dia # 2. B) Observação placas no dia #3.

V. Discussão

V.1 Composição química dos cones de guta-percha

No presente trabalho, avaliou-se a composição das marcas *Autofit*, *Cerkamed*, *Reciproc*, *ProTaper Gold* e *Zarc* segundo o método de Friedman (Capítulo III, secção 2). Conforme os resultados obtidos (Tabela 12), as percentagens da componente de **guta-percha** variam entre 11,3% e 18,4%, demonstrando que os valores se encontram no leque de percentagens reportados em vários estudos realizados sobre a composição química dos cones de guta-percha. No entanto, os valores obtidos neste trabalho assemelham-se mais aos do estudo de Liao *et al.* (2021), cujos valores variam entre 8,5% e 17,0%. Esta semelhança poderá estar relacionada pelo facto de no estudo de Liao *et al.* (2021) e Leite (2017), incluir na sua análise duas marcas comuns ao presente trabalho.

Tabela 12 – Valores de percentagem de BaSO₄, ZnO, fração orgânica, guta-percha, ceras e resinas e fração inorgânica de diferentes estudos.

Guta-percha	Ceras & Resinas	Fração Orgânica	BaSO ₄	ZnO	Fração Inorgânica	Referência
18,9-21,8	1,0-4,1	22,7-23,8	1,1-17,3	59,1-75,3	75,3-76,9	Friedman <i>et al.</i> (1977)
-	-	17,7-45,7	3,2-31,2	36,6-74,6	54,3-82,3	(Marciano & Michalesco, 1989)
14,5-20,4	1,2-3,1	15,7-22,4	0,0-11,4	66,5-84,3	77,6-84,3	(Gurgel-Filho <i>et al.</i> , 2003)
15,2-21,6	1,5-10,4	18,1-26,7	0,0-4,6	69,8-81,9	73,3-81,9	(Maniglia-Ferreira <i>et al.</i> , 2005)
14,5-20,4	1,2-3,1	-	0,0-11,4	66,5-84,3	-	(Gurgel-Filho <i>et al.</i> , 2012)
15,2-22,4	3,4-7,8	-	1,72-7,57	66,2-77,3	72,5-79,1	(Maniglia-Ferreira <i>et al.</i> , 2013)
14,0-19,7	0,6-2,9	15,1-20,8	-	-	75,9-83,3	(Leite, 2017)
8,5-17,0	3,5-6,0	-	-	-	77,0-86,5	(Liao <i>et al.</i> , 2021)
11,3-18,4	1,4-3,5	13,5-21,9	7,10-21,9	57,9-67,0	74,0-83,2	Este estudo

Os conteúdos em **ceras e resinas** nos cones investigados neste projeto, encontram-se entre 1,4% e 3,5%, sendo estes valores semelhantes aos estudos descritos na Tabela 12. Quanto à **fração orgânica total**, que corresponde à soma da percentagem de gutta-percha com a percentagem de ceras/resinas, os valores por nós obtidos encontram-se entre 13,5% e 21,9%, sendo muito próximos dos reportados por Leite (2017) e Gurgel-Filho *et al.* (2003), 15,1-20,8% e 15,7-22,4%, respetivamente. As diferenças relativas podem-se dever ao facto de no estudo de Leite (2017) se ter utilizado cones de gutta-percha padronizados nº100, e no estudo de Gurgel-Filho *et al.* (2003) os cones não terem sido padronizados. Contudo, existe uma discrepância com os valores relativamente ao estudo de Marciano & Michalesco (1989), onde se verificou que as percentagens variavam entre 17,7% e 45,7%.

Relativamente ao conteúdo de **fração inorgânica total**, os valores obtidos neste trabalho variam entre 77,7% e 83,2%, os quais são concordantes com os 8 estudos descritos na Tabela 12. Esta fração é caracterizada por um elevado conteúdo em BaSO₄ e ZnO. Para uma análise mais detalhada da composição química dos cones de gutta-percha, foi realizada a quantificação destes óxidos metálicos segundo a técnica WDXRF, cujos resultados serão analisados mais à frente.

A marca *ProTaper Gold – Dentsply Sirona* e *Autofit – Kerr Endodontics* do presente trabalho também foram analisadas no estudo de Liao *et al.* (2021), usando a mesma metodologia de investigação, descrita por Friedman *et al.* (1975). Na **componente inorgânica**, no presente estudo o valor obtido foi de 74,0%, sendo que no estudo de Liao *et al.* (2021), a marca *ProTaper Gold* apresenta uma percentagem de 77%. Quanto à **componente orgânica**, o valor correspondente à percentagem de gutta-percha e ceras e resinas, é de 18,4%, sendo este valor próximo ao do estudo de Liao *et al.* (2021), que apresenta uma percentagem de 17% de gutta-percha, as **ceras e resinas** apresentam um valor de 3,5% enquanto no estudo de Liao *et al.* (2021) apresenta uma percentagem de 6%.

Quanto à marca *Autofit - Kerr Endodontics*, neste estudo a percentagem da **componente inorgânica** obteve um valor de 83,2%, sendo que no estudo de Liao *et al.* (2021) o valor

foi de 84,5%, estando os resultados muito próximos. Relativamente à **componente orgânica**, a percentagem de **guta-percha** neste estudo apresentou um valor de 11,3% e segundo o estudo de Liao *et al.* (2021), o valor é de 9,5%. Quanto às **ceras e resinas**, neste estudo obteve-se uma percentagem de 2,2%, enquanto que no estudo de Liao *et al.* (2021), o valor é 3 vezes superior. As discrepâncias de valores poderão ser explicadas devido a possíveis erros de manuseio no momento de filtração para recuperação de gutapercha. É de notar que para minimizar erros neste processo, neste trabalho, a filtração foi realizada 3 vezes.

O estudo de Gurgel-Filho *et al.* (2003) caracterizou uma marca da casa mãe – *Dentsply Sirona*, comum a este trabalho. No presente estudo, os valores relativos obtidos de **guta-percha** e **ceras e resinas** foram 18,4% e 3,5% (Tabela 5), respetivamente, sendo estes valores superiores ao estudo de Gurgel-Filho *et al.* (2003) que foram de 14,5% e 1,2%, respetivamente. Esta diferença poderá ser explicada pelo facto de os cones utilizados no estudo de Gurgel-Filho *et al.* (2003), não serem padronizados, como mencionado anteriormente.

O estudo de Maniglia-Ferreira *et al.* (2005), também incluiu a marca *Dentsply*, tendo sido avaliadas 4 tipos de cones desta mesma marca (*Dentsply 0.04*, *Dentsply 0.06*, *Dentsply TP*, *Dentsply FM*). Os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 5) enquadram-se nos valores do estudo de Maniglia-Ferreira *et al.* (2005), realçando que os 4 tipos de cones de gutapercha analisados eram não padronizados, contrariamente aos deste trabalho. A análise dos resultados de Maniglia-Ferreira *et al.* (2005), respeitantes à **fração inorgânica**, mostram que os valores se encontram entre 73,3% e 81,2%, e que na **fração orgânica**, os valores de gutapercha encontram-se entre 15,7% e 21,6% e as ceras e resinas entre 2,4% e 10,4%.

No estudo de Leite (2017), foram avaliadas as marcas *SybronEndo* e *Dentsply*, que correspondem às marcas *Autofit* e *Dentsply Sirona* respetivamente. Deste modo, é possível comparar as marcas de ambos os estudos, dado terem sido abordadas pela mesma metodologia. Quanto à marca *Autofit / SybronEndo*, os valores de percentagem de gutapercha, ceras/resinas, fração orgânica e inorgânica deste estudo são de 11,3%, 2,2%,

13,5% e 83,2% (Tabela 5), enquanto no estudo de Leite (2017) são de 14%, 2,1%, 16,1% e 77,4%, respectivamente. Relativamente à marca *ProTaper Gold*, que pertence a casa mãe da *Dentsply*, os valores obtidos neste trabalho de **gutapercha** de 18,4%, **ceras e resinas**, 3,5%, fração orgânica, 21,9% e **fração inorgânica** de 74,0%. Enquanto no estudo de Leite (2017), o conteúdo de 14,5% em **gutapercha** de 0,55% em **ceras e resinas**, 15,1% em **fração orgânica**, e 83,3% em **fração inorgânica**. Esta diferença de valores poderá ser justificada, por terem sido utilizados cones de tamanho diferente no estudo de Leite (2017). Como referido por Marciano & Michalesco (1989), diferenças na estrutura química são observadas não apenas entre diferentes marcas, bem como entre diferentes tamanhos de cones de gutapercha (dentro da mesma marca); segundo Marciano & Michalesco (1989), as diferentes composições químicas refletem-se na diversidade do comportamento entálpico dos cones de gutapercha, quando aquecidos. Neste sentido, com base nos resultados desta investigação, podemos admitir que os cones de gutapercha da marca *ProTaper Gold* poderão apresentar melhor deformação plástica, dado possuírem 18,4% de gutapercha. contrariamente à *Autofit* que apresenta 11,3%. Clinicamente, segundo Friedman *et al.* (1977) e Gurgel-Filho *et al.* (2003), maior percentagem de gutapercha traduz-se numa maior flexibilidade e fluidez do material, características importantes no preenchimento dos canais radiculares. Baixas percentagens de gutapercha traduzem-se em baixa plasticidade, o que dificulta o selamento apical dos canais, como demonstrado no estudo de Gurgel-Filho *et al.* (2012).

Conforme Friedman *et al.* (1977), o material semissólido ideal deverá possuir uma combinação de flexibilidade e rigidez que permita a negociação na maioria dos canais radiculares, independentemente da anatomia canalar. As marcas analisadas neste estudo possuem percentagem de fração inorgânica entre 74,0% e 83,2% (Tabela 12). As marcas *Autofit* e *Zarc*, revelam uma composição em **fração inorgânica** superior a 80%, sendo as percentagens de **gutapercha** mais baixas (Tabela 5). Os cones de gutapercha tendem a ser mais rígidos quando os componentes inorgânicos se encontram em elevadas percentagens e a gutapercha em baixas percentagens, tornando, clinicamente, a condensação lateral um procedimento mais fácil (Schilder *et al.*, 2006).

Assim, os cones de guta-percha deverão possuir pelo menos 17% de guta-percha e menos de 3% de ceras e resinas, o que foi verificado nas marcas *Cerkamed*, e *ProTaper Gold* com percentagem e guta-percha, 17,1% e 18,4%, respetivamente e ceras e resinas, 1,4% e 3,5%, respetivamente (Maniglia-Ferreira *et al.*, 2005).

V.1.1. Efeito na composição química da desinfeção dos cones de guta-percha

Tal como mencionado no Capítulo I, secção 3.1.4., a solução de 5,25% de NaClO é utilizada rotineiramente como um agente químico de descontaminação dos cones de guta-percha antes do seu uso na obturação dos canais radiculares (Senia *et al.* 1975; Siqueira *et al.* 1998).

O estudo de Valois *et al.* (2005) indica que o tratamento dos cones de guta-percha com NaClO a 5,25%, durante 1 minuto promove o aumento de elasticidade. quando comparado com os cones não tratados, causando alterações topográficas que indicam deterioração. O uso desta solução poderá alterar eventualmente a composição química dos cones de guta-percha, as quais, por sua vez, poderão influenciar as propriedades físicas.

Como demonstrado na Tabela 7, a análise estatística demonstra que após a imersão dos cones de guta-percha em NaClO a 5,25% (Grupo S), e após a imersão em NaClO e lavagem com álcool a 96% (Grupo A), não se observam alterações nas **frações orgânica e inorgânica, guta-percha, ceras e resinas**. Estes resultados são discordantes dos obtidos no estudo de Valois *et al.* (2005); contudo, as metodologias de estudo foram diferentes, sendo que no estudo de Valois *et al.* foi efetuada uma análise por microscopia de força atómica, enquanto que no presente estudo se efetuou uma análise química quantitativa. Todavia, apesar de não se observar alterações na composição química dos cones analisados neste trabalho, não podemos pôr de parte a possível existência de alterações topográficas, as quais deverão ser investigadas no futuro.

V.2. Alterações na composição química pela técnica WDXRF

De modo a completar a análise da composição química dos cones de guta-percha, foi efetuada uma análise por espectroscopia de fluorescência de raios-X dispersiva em comprimento de onda (*Wavelength dispersive X-ray fluorescence*) – WDXRF (Capítulo II, secção 3), dos metais em forma de óxidos, das 5 marcas: *Cerkamed*, *ProTaper Gold*, *Reciproc R25*, *Autofit* e *Zarc* (padronizados nº25), antes e após o protocolo de desinfecção rápida.

Têm sido utilizadas diferentes metodologias para quantificação dos elementos químicos presentes na **fração inorgânica** dos cones de guta-percha. Segundo Gurgel-Filho *et al.* (2003), a técnica proposta por Friedman *et al.* (1977) para determinação e quantificação dos componentes de ZnO e BaSO₄, subestima os valores reais, provavelmente, devido ao facto de a lavagem a 60°C com ácido clorídrico não ser suficiente para promover a separação do ZnO do BaSO₄. Devido a esta técnica não refletir a quantificação correta dos compostos inorgânicos, foi desenvolvido outros métodos de análise, sendo que neste trabalho foi utilizado o método por espectroscopia de fluorescência de raios-X dispersiva em comprimento de onda, à semelhança de outros autores.

É de notar a importância e relevância da técnica de microanálise e difração de raio-X no que concerne a identificação dos elementos e químicos e componentes presentes nos cones de guta-percha; porém existem limitações desta técnica no que é relativo a análise quantitativa. Para uma análise rigorosa, segundo esta técnica, o número atómico dos elementos analisados deverá ser superior a 11. Desse modo, os elementos como hidrogénio (H), carbono (C), nitrogénio (N) e oxigénio (O) poderão ser incorretamente quantificados. Em adição, a concentração dos elementos deverá ser superior a 5% bem como os componentes da amostra deverão estar homogeneamente distribuídos (Gurgel-Filho *et al.*, 2003; Maniglia-Ferreira *et al.*, 2005, 2013).

A análise dos cones de guta-percha pela técnica **WDXRF** permitiu identificar nas 5 marcas comerciais, 7 óxidos principais, e outros elementos que, devido à elevada percentagem de erro e não homogeneidade nas diferentes amostras, foram excluídos da análise do estudo. Os óxidos incluídos na análise e as respetivas concentrações em percentagem (Tabela 8) são então: ZnO (56,5-74,4%), BaSO₄ (7,10-21,9%), Na₂O (10,3-15,7%), TiO₂ (3,5-6,9%), MgO (1,2-4,8%), SiO₂ (1,6-4,0%) e CuO (0,10%). Estes valores estão conforme o estudo de Aminzadeah *et al.* (2006) analisou, pela técnica XRF, os componentes da fração inorgânica dos cones de gutta-percha. Apesar das marcas analisadas neste estudo serem diferentes das analisadas no presente trabalho, também nelas foram encontrados os óxidos ZnO, BaSO₄, Na₂O, TiO₂, MgO, SiO₂ e em concentrações similares as reportadas no nosso estudo.

A análise dos dados da Tabela 8 permite aferir que todas marcas deste estudo possuem na sua constituição **ZnO** e **BaSO₄**, sendo a concentração de ZnO superior à de BaSO₄. O mesmo foi verificado por Moiler e Orstavik (1984) que realizaram uma análise geral pela técnica de microanálise de raio-X dos diferentes elementos químicos presentes nos cones de guta-percha, refletindo, de facto, que Zn e O estão presentes em grandes quantidades, sendo que o complexo químico ZnO é o principal componente dos cones de guta-percha.

Conforme a Tabela 8, a percentagem de CuO identificada é muito reduzida, comparativamente aos restantes óxidos identificados. Moiler e Orstavik (1984) referem que a ocorrência de pequenas quantidades de cobre e ferro é dificilmente explicada, porém a mais provável explicação deve-se às impurezas no componente ZnO ou noutras preparações de metais pesados durante a sua produção (Moiler & Orstavik, 1984).

Tal como referido anteriormente, o elemento químico Ba encontra-se combinado nos cones de guta-percha na forma de BaSO₄, em concentrações mais baixas do que o ZnO. Segundo Friedman *et al.* (1975) a função do Ba consiste em conferir radiopacidade aos cones. Curiosamente, Maniglia-Ferreira *et al.* (2005) e Gurgel-Filho *et al.* (2012) verificaram que nalgumas marcas de cones de guta-percha não existia Ba na sua constituição, porém, os cones possuíam a radiopacidade requerida. Por outro lado, no estudo de Gurgel-Filho *et al.* (2003), o ZnO contribuirá para a radiopacidade do material visto que é o segundo elemento mais pesado.

V.2.1. Efeito da desinfecção rápida dos cones na análise WDXRF

Quanto à avaliação de possíveis alterações na composição dos óxidos após o tratamento de desinfecção rápidas, é possível concluir (Capítulo IV, secção 1.2) que não existem alterações nos mesmos.

Na metodologia desta investigação, o tempo de imersão dos cones de guta-percha em NaClO (5,25%) foi de apenas 1 minuto, dado que este é o tempo utilizado pelo clínico aquando do procedimento de obturação na desinfecção dos cones. Este período de imersão não revelou alterações ao nível dos óxidos analisados. Contudo, os resultados do presente estudo são contraditórios ao que foi apresentado por Carvalho *et al.* (2015). Relativamente a metodologia usada por este último, os elementos químicos quantificados pela técnica EDS não foram combinados em óxidos, sendo que os resultados demonstraram que a imersão dos cones de guta-percha por um período de 10 minutos em NaClO a 2,5% aumenta a concentração de O, e por sua vez a concentração de Zn diminui após a imersão destes por um período de 10 min e 20 min, em concentrações de 1% e 2,5%, respetivamente (as alterações verificadas são dependentes da concentração e tempo de imersão). Todavia, as condições testadas não são relevantes do ponto de vista clínico.

V.3. Radiopacidade dos cones de guta-percha

De acordo com Manson-Hing (1961), o contraste radiográfico em radiografias intra-orais e a radiopacidade da liga de Al 1100 é muito semelhante à radiopacidade de dentina. Orstavik & Beyer-Olsen (1981) recomendaram o uso de *stepwedge de Al* como um modelo estandardizado da avaliação da radiopacidade dos materiais obturadores endodônticos para o diagnóstico radiográfico, concluindo que a maioria dos materiais tendem a ser mais radiopacos que a dentina.

De modo a correlacionar a composição química dos cones de guta-percha com a radiopacidade, foi avaliada a radiopacidade das 5 marcas em estudo (Capítulo III, secção 4).

A análise dos resultados (Capítulo IV, secção 2) permitiu concluir que existem diferenças na radiopacidade entre as diferentes marcas (Tabela 10 e Figuras 18 e 19). Curiosamente,

a análise das concentrações dos elementos químicos combinados em óxidos segundo a técnica **WDXRF**, mostras que todas as marcas deste estudo possuem na sua composição **BaSO₄**, que é considerado o radiopacificante principal. Porém, correlacionando estes valores com os valores da análise da radiopacidade, com base no *stepwedge* de Al, verificou-se que o BaSO₄ não é o radiopacificante principal como as marcas alegam. Observando os valores de radiopacidade expressos na Tabela 9 e as concentrações de BaSO₄, na Tabela 8, verifica-se que a marca *Zarc* revela a radiopacidade mais elevada, porém não possui a maior concentração de BaSO₄ (16,5%), sendo que a marca *que* revela a maior concentração de BaSO₄ é a *ProTaper Gold* (21,9%). A não correlação dos valores de radiopacidade com as concentrações de BaSO₄ podem ser explicadas, como já mencionado anteriormente, dado o ZnO ser o segundo elemento mais pesado, contribuindo para a radiopacidade dos cones de guta-percha. Adicionalmente, o TiO₂ é considerado como o terceiro elemento mais pesado, que segundo a literatura poderá intervir também na radiopacidade dos cones (Antonijević *et al.*, 2014; Gurgel-Filho *et al.*, 2003).

V.3.1. Efeito da desinfecção na radiopacidade dos cones de guta-percha

Os resultados apresentado na Tabela 11 e Figura 23 demonstraram que a radiopacidade clínica dos cones de guta-percha não é alterada após a aplicação do protocolo de desinfecção rápida, sendo tal facto de marcada importância clínica . Neste sentido, a análise pela técnica **WDXRF** corrobora estes resultados, dado que não existem alterações ao nível de composição química dos elementos radiopacificantes após a imersão dos cones de guta-percha em 5,25% NaClO durante 1 min.

Neste sentido, a execução do protocolo permite uma adequada desinfecção dos cones de guta-percha, mantendo a cadeia asséptica e não causando alterações em termos radiográficos no diagnóstico e procedimento clínico de obturação.

V.4. Atividade antimicrobiana dos cones de guta-percha

Como referido no Capítulo I secção 3.1.3., de modo a maximizar a assepsia canalar durante a obturação, para além da limpeza biomecânica para preparação dos canais radiculares, são utilizados materiais com propriedades antimicrobianas, como é o caso dos cimentos endodônticos e materiais biocerâmicos (Tanomaru *et al.*, 2007; Podbielski *et al.*, 2000). Atividade antimicrobiana também tem sido atribuída à guta-percha, e desta forma, neste trabalho pretendeu-se averiguar o efeito antimicrobiano de 5 marcas de cones (*Cerkamed, ProTaper Gold, Reciproc R25, Autofit e Zarc*), antes e após o protocolo de desinfecção rápida, segundo a metodologia descrita no Capítulo III secção 3.

Os resultados obtidos neste estudo, após um dia de incubação dos meios *Muller Hinton* a 37°C, demonstraram que os cones de guta-percha das 5 marcas comerciais deste estudo, independentemente do tratamento aplicado, com ou sem tratamento, não possuem atividade antimicrobiana, contrariamente ao proposto por Moorer & Genet (1982a, 1982b). Importa salientar que na metodologia seguida nos estudos de Moorer & Genet (1982a, 1982b), os meios de cultura utilizados correspondiam a condições laboratoriais subótimas. Estas condições foram alteradas por meio de diluição de nutrientes, diminuição de temperatura de incubação e o uso de soro como única fonte de nutrientes, de modo que o crescimento bacteriano seja mais lento e se aproxime do nível de crescimento bacteriano numa infeção na boca. A justificação dada pelos autores, para a modificação dos meios, prende-se com o facto de os meios laboratoriais estandardizados não fornecerem tempo suficiente para ocorrer a inibição de crescimento bacteriano por ação dos cones de guta-percha, dado o processo de libertação de **ZnO** ser lento relativamente à velocidade de proliferação bacteriana nestes meios. É de notar, que o protocolo seguido não seguiu as mais recentes *guidelines* do *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI), pelo que os resultados não são comparáveis aos obtidos neste trabalho, sendo a sua validade questionável.

Moorer & Genet (1982a, 1982b) mostraram que a libertação de partículas de ZnO ocorre quando o cone de guta-percha se encontra em contacto com meios líquido como é o caso da água destilada ou salina e do soro de sangue de cavalo. A extração de ZnO é tanto

maior quando maior for o tempo de contacto dos cones com o meio líquido. Contudo, estes resultados carecem de relevância clínica, pois durante o procedimento de obturação, para além do cone de guta-percha, é utilizado um cimento resinoso endodôntico que possui carácter hidrofóbico dado que possui monómeros de fosfato hidrofóbico (de Sá Barbosa *et al.*, 2013). Tal facto leva a concluir, que após o selamento dos canais radiculares, não existe contacto entre o cone de guta-percha e um meio hidrofílico, incapacitando a libertação de ZnO, como descrito por Moorer e Genet (1982a, 1982b).

Tanomaru *et al.* (2007) avaliou a atividade antimicrobiana de diferentes marcas e composições de cones de guta-percha e pastas à base hidróxido de cálcio. Os resultados apontam para que tanto os cones de guta-percha contendo clorexidina, como as pastas de hidróxido cálcio, possuem capacidade de inibição bacteriana. Por outro lado, os cones de guta-percha convencionais utilizados como grupo controlo neste estudo não demonstraram atividade antimicrobiana. (Tanomaru *et al.*, 2007). É de notar que, a metodologia de Tanomaru *et al.* (2007) é semelhante a metodologia descrita neste trabalho.

Sumariamente, segundo o nosso estudo, os cones de guta-percha convencionais não apresentam atividade antimicrobiana num período de incubação 24 horas para as bactérias *Enterococcus faecalis* (CECT 481) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538). Este resultado é corroborado pelo estudo de Tanomaru *et al.*, (2007), contrariamente ao que foi apresentado pelo Moorer e Genet em (1982a, 1982b).

Conclui-se assim, que do ponto de vista clínico, a não desinfeção dos cones de guta-percha, é um procedimento incorreto na prática, dado que os cones de guta-percha *per se* não possuem efeito antimicrobiano. Deste modo, reforça-se a importância do protocolo de desinfeção rápida com NaClO proposto por Senia *et al.* (1975), dado que a guta-percha é um material termoplástico que não pode ser sujeito a métodos de esterilização que envolvam o calor.

VI. CONCLUSÃO

Os cones de guta-percha são considerados o material endodôntico base em qualquer tipo de obturação dos canais radiculares. A escassa informação sobre composição química deste material, suscita dúvidas relativas ao comportamento físico e térmico deste mesmo.

Este estudo permitiu quantificar a composição química de 5 marcas comerciais, bem como avaliar a possibilidade de alterações, após a aplicação do protocolo de desinfecção rápida, na composição química das frações dos cones de guta-percha, na sua composição de óxidos e nas suas propriedades de radiopacidade e atividade antimicrobiana.

Apesar das limitações presentes neste estudo, conforme as demais hipóteses propostas neste trabalho, fica demonstrado que:

- Existem alterações entre marcas na composição química, radiopacidade e antes do protocolo de desinfecção rápida.
- Não existem alterações na composição químicas após o protocolo de desinfecção rápida.
- Não existem diferenças a nível da radiopacidade após o protocolo de desinfecção rápida.
- Não existem alterações a nível da inibição antimicrobiana após o protocolo de desinfecção rápida, dado que nenhuma marca possui atividade antimicrobiana para as bactérias *Enterococcus faecalis* e *Staphylococcus aureus*.

A abordagem do protocolo de desinfecção rápida nos cones de guta-percha permitiu refletir que este protocolo é de segura aplicação, visto que tal não promove alterações na composição química ou radiopacidade dos mesmos.

A quantificação dos óxidos nos cones de guta-percha permitiu refletir que a abundante presença de ZnO nos cones poderá impactar na sua radiopacidade. Ainda assim, será necessário efetuar mais estudos.

Como perspectiva futura, de todo interesse correlacionar a composição química dos cones de guta-percha com as suas propriedades físicas e térmicas, e obter conclusões mais robustas sobre o efeito do ZnO na radiopacidade dos cones.

VII. BIBLIOGRAFIJA

- American Association Endodontists (AAE). (2009). Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology. *Journal of Endodontics*, 35(12), 1634. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.035>
- Aminoshariae, A., Johnson, W. T., Kulild, J. C., & Tay, F. (2020). Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System in L.H. Berman & K. M. Hargreaves, Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult (12.th ed., pp. 1064-1188). Elsevier Health Sciences. <https://books.google.pt/books?id=YOZBzQEACAAJ>.
- Aminzadeh, N., Azimi, S., & Shen, H. (2006). Component Analysis of Four Commercial Brands of Gutta-Percha. *IEJ*, 1(2), 49–52. <https://doi.org/10.22037/iej.v1i2.410>
- Anusavice, K. J. (2011). Mechanical Properties of Dental Materials. In K. J. Anusavice, C. Shen, & H. R. Rawls (Eds.), *Phillip's Science of Dental Materials* (12th ed., pp. 48–68). USA:ElsevierLtd.https://books.google.pt/books?hl=ptPT&lr=&id=GY03AAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Phillip%E2%80%99s+Science+of+Dental+Materials+&ots=gCynxc9c6&sig=YxC6bgw7gcceP78nVTEyZNqjIck&redir_esc=y#v=onepage&q=Phillip%E2%80%99s%20Science%20of%20Dental%20Materials&f=false
- Antonijević, D., Ilić, D., Medić, V., Dodić, S., Obradović-Djuričić, K., & Rakočević, Z. (2014). Evaluation of conventional and digital radiography capacities for distinguishing dental materials on radiograms depending on the present radiopacifying agent. *Vojnosanitetski Pregled*, 71(11), 1006–1012. <https://doi.org/10.2298/vsp1411006a>
- Arias-Moliz, M. T., Ferrer-Luque, C. M., Espigares-García, M., & Baca, P. (2009). Enterococcus faecalis Biofilms Eradication by Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*, 35(5), 711–714. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.01.018>
- Barthel, C. R., Zimmer, S., Zilliges, S., Schiller, R., Göbel, U. B., & Roulet, J.-F. O. (2002). In Situ Antimicrobial Effectiveness of Chlorhexidine and Calcium Hydroxide: Gel and Paste Versus Gutta-Percha Points. *Journal of Endodontics*, 28. <https://doi.org/10.1097/00004770-200206000-00002>
- Basrani, B., & Haapasalo, M. (2012). Update on endodontic irrigating solutions: Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics*, 27(1), 74–102. <https://doi.org/10.1111/etp.12031>

- Basrani, B., & Malkhassian, G. (2015). Update of Endodontic Irrigating Solutions. Em B. Basrani (Ed.), *Endodontic Irrigation* (pp. 99–115). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16456-4_5
- Bissoli, F. C., Santos, R. de A., Castilho, C. de M. J., Filho, M. E., & Moraes, E. L. M. (2008). Cimentos forradores à base de hidróxido de cálcio: Estudo da densidade óptica com um sistema digital. *Revista Odonto Ciência*, 63–66. <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fo/article/download/2350/2875/0>
- Bodrumlu, E., Sumer, A. P., & Gungor, K. (2007). Radiopacity of a new root canal sealer, epiphany. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 104(5). <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.05.031>
- Bonaccorso, A., Schäfer, E., Condorelli, G. G., Cantatore, G., & Tripi, T. R. (2008). Chemical Analysis of Nickel-Titanium Rotary Instruments with and without Electropolishing after Cleaning Procedures with Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 34(11), 1391–1395. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.08.004>
- Bunn, C. W. (1942). Molecular structure and rubber-like elasticity I. The crystal structures of β gutta-percha, rubber and polychloroprene. *Proceedings of The Royal Society*, 180, 40–66. <https://doi.org/10.1098/rspa.1942.0024>
- Cardoso, C. L., Redmerski, R., Nilza De Lucas, N., Bittencourt, R., & Kotaka, C. R. (2000). Decontamination of gutta-percha cones Efectiveness of different chemical agents in rapid decontamination of gutta-percha cones. *Brazilian Journal of Microbiology*, 31, 72–75. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822000000100016>
- Carvalho, A. S., Leal, F. M., Vasconcelos, R. A., Junqueira, R. B., & Gonçalves, S. H. F. (2015). EDS analysis of gutta-percha cones disinfected by 1% and 2.5% sodium hypochlorite solutions. *Brazilian Dental Science*, 18(4), 84–88. <https://doi.org/10.14295/bds.2015.v18i4.1140>
- Cesareo, R. (2010). X-Ray Fluorescence Spectrometry. Em *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (Vol. 39, pp. 595–629). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. https://doi.org/10.1002/14356007.b05_675.pub2
- Combe, E. C., Cohen, B. D., & Cummings, K. (2001). Alpha- and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling. *International Endodontic Journal*, 34(6), 447–451. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00415.x>
- Costa, E. F. M. (2018). *Desenvolvimento de um filtro matetmático para melhoria das radiografias de tórax de leito*. <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/421>

- Cunningham, W. T., Cole, J. S., Balekjian, A. Y., & Bethesda, B. A. (1982). Effect of alcohol on the spreading ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surgery*, 54(3). [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(82\)90105-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(82)90105-0)
- Darcey, J., Roudsari, V. R., Jawad, S., Taylor, C., & Hunter, M. (2016). Modern Endodontic Principles Part 5: Obturation. *Dental Update*, 43, 114–129. [10.12968/denu.2016.43.2.114](https://doi.org/10.12968/denu.2016.43.2.114)
- De Sá Barbosa, W. F., Aguiar, T. R., Francescantonio, M. D., Cavalcanti, A. N., de Oliveira, M. T., & Giannini, M. (2013). Effect of water storage on bond strength of Selfadhesiveresin cements to zirconium oxide ceramic. *Journal of Adhesive Dentistry*, 15(2), 145–150. doi:10.3290/j.jad.a28733
- Engel, G. T., Goodell, G. G., & McClanahan, S. B. (2005). Sealer penetration and apical microleakage in smear-free dentin after a final rinse with either 70% isopropyl alcohol or peridex. *Journal of Endodontics*, 31(8), 620–623. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000152296.06840.14>
- Estrela, R. de A. C. (2000). *Eficácia antimicrobiana de soluções irrigadoras de canais radiculares* [Dissertação]. Universidade Federal de Goiás. https://www.forp.usp.br/restauradora/Teses/estrela/cynthia_m/mest_cyntiaestrela.pdf
- European Society of Endodontology (ESE). (2006). Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal*, 39(12), 921–930. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x>
- Friedman, C. E., Sandrik, J. L., Heuer, M. A., & Rapp, G. W. (1977). Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *Journal of Endodontics*, 3(8), 304–308. [10.1016/S0099-2399\(77\)80035-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(77)80035-6)
- Friedman, C. M., Sandrik, J. L., Heuer, M. A., & Rapp, G. W. (1975). Composition and Mechanical Properties of Gutta-Percha Endodontic Points. *J Dent Res*, 54(5). [10.1177/00220345750540052901](https://doi.org/10.1177/00220345750540052901)
- Glickman, G. N., & Schweitzer, J. L. (2013). Colleagues for Excellence - Endodontic Diagnosis. *American Association of Endodontists*, 2–5. <https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/07/endodonticdiagnosisfall2013.pdf>

- Goodman, A., Schilder, H., & Aldrich, W. (1974). The thermomechanical properties of gutta-percha II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral Surgery*, 37(6), 954–961. [10.1016/0030-4220\(74\)90448-4](https://doi.org/10.1016/0030-4220(74)90448-4)
- Gorduysus, M., & Avcu, N. (2009). Evaluation of the radiopacity of different root canal sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 108(3). <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.04.016>
- Grawehr, M., Sener, B., Waltimo, T., & Zehnder, M. (2003). Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal*, 36, 411–415. [10.1046/j.1365-2591.2003.00670.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00670.x)
- Gurgel-Filho, E. D., Andrade Feitosa, J. P., Teixeira, F. B., Monteiro De Paula, R. C., Araü, J. B., Silva, J., & Souza-Filho, F. J. (2003). Chemical and X-ray analyses of five brands of dental gutta-percha cone. *International Endodontic Journal*, 36, 302–307. [10.1046/j.1365-2591.2003.00653.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00653.x)
- Gurgel-Filho, E. D., Silva, E. J. N. L., Gomes, B. P. F. A., Ferraz, C. C. R., Paula, R. C. M., Coutinho-Filho, T. S., & Souza-Filho, F. J. (2012). Correlation between chemical composition and sealing ability of various gutta-percha brands using different filling techniques. *Elsevier*, 53(3), 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2012.04.001>
- Gutmann, J. L., & Manjarrés, V. (2019). Disinfection of gutta-percha cones prior to obturation: a smattering of historical perspectives with a focus on contemporary considerations. *Endo EPT*, 13(3), 191–206. http://www.quintpub.com/userhome/endo/endo-ept_13_3_gutmann_p191.pdf
- Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2010). Irrigation in Endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 291–312. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
- Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2014). Irrigation in Endodontics. *British Dental Journal*, 216, 299–303. [10.1038/sj.bdj.2014.204](https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.204)
- Hulsmann, M., Heckendorff, M., & Lennon, Á. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use Historical development of chelators. *International Endodontic Journal*, 36, 810–830. [10.1111/j.1365-2591.2003.00754.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2003.00754.x)
- Jyothsna, K. V. L., Sunil Kumar, S., Datta Prasad, S., Sunil Kumar, C., Vamsee Krishna, N., & Chandra Babu, K. S. (2020). Evaluation of disinfection of gutta-percha cones using

- various chemical solutions-An in-vitro study. *Journal of Dental and Medical Sciences* , 19(1), 41–45. <https://doi.org/10.9790/0853-1901084145>
- Katz, A., Kaffe, I., Littner, M., Tagger, M., & Tamse, A. (1990b). Densitometric Measurement of Radiopacity of Gutta-percha Cones and Root Dentin. *Journal of Endodontics*, 16(5), 211–213. [10.1016/S0099-2399\(06\)81671-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81671-7)
- Kokkas, A. B., Boutsoukis, A. C., Vassiliadis, L. P., & Stavrianos, C. K. (2004). *The Influence of the Smear Layer on Dentinal Tubule Penetration Depth by Three Different Root Canal Sealers: An In Vitro Study*, 30(2), 100-102. [10.1097/00004770-200402000-00009](https://doi.org/10.1097/00004770-200402000-00009)
- Leite, B. A. C. de M. (2017). *Avaliação da composição química dos cones de gutta-percha utilizados atualmente no tratamento endodôntico*. https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/20000/1/Leite_Brigite_Al%C3%ADcia_Cam%C3%B5es_de_Moura.pdf
- Leonel, P. Z. (2020). *Desenvolvimento de um dispositivo para controle da qualidade da imagem digital intraoral* [Dissertação]. Universidade de São Paulo. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59135/tde-08112020-102020/publico/Dissertacao_Versao_Corrigida_Paulo_Zago_Leonel.pdf
- Liao, S. C., Wang, H. H., Hsu, Y. H., Huang, H. M., Gutmann, J. L., & Hsieh, S. C. (2021). The investigation of thermal behaviour and physical properties of several types of contemporary gutta-percha points. *International Endodontic Journal*, 54(11), 2125–2132. <https://doi.org/10.1111/iej.13615>
- Maniglia-Ferreira, C., Jr., J. B. A. S., de Paula, R. C. M., Feitosa, J. P. A., Cortez, D. G. N., Zaia, A. A., & Souza-Filho, F. J. (2005). Brazilian gutta-percha points. Part I: chemical composition and X-ray diffraction analysis Cones nacionais de gutta-percha. Parte I: composição química e análise por difração de raios X. *Braz Oral Res*, 19(3), 193–200. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242005000300007>
- Maniglia-Ferreira, C., Gurgel-Filho, E. D., Silva-Jr, J. B. de A., de Paula, R. C. M., Feitosa, J. P. de A., & de Sousa-Filho, F. J. (2013). Chemical composition and thermal behavior of five brands of thermoplasticized gutta-percha. *European Journal of Dentistry*, 7(2), 201–206. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.110173>
- Manson-Hing, L. R. (1961). An investigation of the roentgenographic contrast of enamel, dentine, and aluminium. *American Academy of Oral Roentgenology* , 14(12), 1456–1470. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(61\)90248-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(61)90248-1)

- Marciano, J., Michalesco, P., & Abadie, M. J. M. (1993). Stereochemical Structure Characterization of Dental Gutta-percha. *Journal of Endodontics*, *19*(1), 31–34. [10.1016/s0099-2399\(06\)81038-1](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(06)81038-1)
- Marciano, J., & Michalesco, P. M. (1989). Dental Gutta-percha: Chemical Composition, X-Ray Identification, Enthalpic Studies, and Clinical Implications. *Journal of Endodontics*, *15*(4), 149–153. [10.1016/S0099-2399\(89\)80251-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(89)80251-1)
- Moiler, B., & Orstavik, D. (1984). Chemical and Energy-dispersive X-ray Analyses of Gutta-percha Points. *Journal of Endodontics*, *10*(9), 413–416. [10.1016/S0099-2399\(84\)80261-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(84)80261-7)
- Moorer, W. R., & Genet, J. M. (1982a). Antibacterial activity of gutta-percha cones attributed to the zinc oxide component. *Oral Surgery*, *53*(5), 508–517. [10.1016/0030-4220\(82\)90468-6](https://doi.org/10.1016/0030-4220(82)90468-6)
- Moorer, W. R., & Genet, J. M. (1982b). Evidence for antibacterial activity of endodontic gutta-percha cones. *Oral Surgery*, *53*(5), 503–507. [10.1016/0030-4220\(82\)90467-4](https://doi.org/10.1016/0030-4220(82)90467-4)
- Nair, P. N. R. (2004). Pathogenesis of Apical Periodontitis and the Causes of Endodontic Failures. *Crit Rev Oral Biol Med*, *15*(6), 348–381. [10.1177/154411130401500604](https://doi.org/10.1177/154411130401500604)
- Ng, Y. L., Mann, V., & Gulabivala, K. (2011). A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: Part 1: Periapical health. *International Endodontic Journal*, *44*(7), 583–609. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01872.x>
- Orstavik, D., & Beyer-Olsen, E. (1981). Radiopacity of root canal sealers. *American Academy of Dental Radiology*, *51*(3), 320–328. [10.1016/0030-4220\(81\)90062-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(81)90062-1)
- Osorio, E., Toledano, M., Aguilera, F. S., Tay, F. R., & Osorio, R. (2010). Ethanol wet-bonding technique sensitivity assessed by AFM. *Journal of Dental Research*, *89*(11), 1264–1269. <https://doi.org/10.1177/0022034510376403>
- Pantoja, C. A. M. S., Silva, D. H., Soares, A. J., Ferraz, C. C. R., Gomes, B. P. F. A, Zaia, A. A., & Almeida, J. F. A. (2018). Influence of ethanol on dentin roughness surface free energy, and interaction between AH Plus and root dentin. *Brazilian Oral Research*, *32*, 1-7. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0033>
- Paqué, F., Ganahl, D., & Peters, O. A. (2009). Effects of Root Canal Preparation on Apical Geometry Assessed by Micro-Computed Tomography. *Journal of Endodontics*, *35*(7), 1056–1059. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.04.020>

- Pei, D., Huang, X., Huang, C., Wang, Y., Ouyang, X., & Zhang, J. (2012). Ethanol-wet bonding may improve root dentine bonding performance of hydrophobic adhesive. *Journal of Dentistry*, *40*(5), 433–441. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.02.005>
- Petry, B. L., Bodanezi, A., Baldasso, F. E. R., Delai, D., Larentis, N. L., Fontanella, V. R. C., & Kopper, P. M. P. (2017). Radiopacity evaluation of gutta-percha points in thinner samples than the ANSI/ADA recommendation. *Brazilian Dental Journal*, *28*(5), 592–596. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201701620>
- Podbielski, A., Boeckh, C., & Haller, B. (2000). Growth inhibitory activity of gutta-percha points containing root canal medications on common endodontic bacterial pathogens as determined by an optimized quantitative in vitro assay. *Journal of Endodontics*, *26*(7), 398–403. <https://doi.org/10.1097/00004770-200007000-00005>
- Prado, M., de Assis, D. F., & Simão, R. A. (2014). Efeito da desinfecção química nas superfícies de gutta-percha e Resilon. *Revista Da Faculdade de Odontologia - UPF*, *19*(1). <https://doi.org/10.5335/rfo.v19i1.3590>
- Prado, M., Gusman, H., Gomes, B. P. F. A., & Simo, R. A. (2011). The importance of final rinse after disinfection of gutta-percha and Resilon cones. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, *111*(6). <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.01.014>
- Prakash, R., Gopikrishna, V., Kandaswamy, D., & Student, P. (2005). Endontology Gutta-Percha- An Untold Story. Em *Indian Endodontic Society*, *17*(2), 31-36. <https://www.rootcanalfoundation.com/pdf/ENDODONTOLOGY-2005-GUTTA-PERCHA.pdf>
- Priya, P. G., John, B., Thiruvankadam, G., & Asokan, S. (2016). Effect of 95% Ethanol as a Final Irrigant before Root Canal Obturation in Primary Teeth: An in vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, *9*(1), 21–24. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1327>
- Queiroz, J. R. C., Marocho, S. S., Benetti, P., Tango, R. N., & Junior, L. N. (2012). Métodos de caracterização de materiais para pesquisa em odontologia. *RFO, Passo Fundo*, *17*(1), 106–112. http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1413-40122012000100020&script=sci_abstract
- Rasimick, B. J., Nekich, M., Hladek, M. M., Musikant, B. L., & Deutsch, A. S. (2008). Interaction between Chlorhexidine Digluconate and EDTA. *Journal of Endodontics*, *34*(12), 1521–1523. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.08.039>

- Rasimick, B. J., Shah, R. P., Musikant, B. L., & Deutsch, A. S. (2007). Radiopacity of Endodontic Materials on Film and a Digital Sensor. *Journal of Endodontics*, 33(9), 1098–1101. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.05.005>
- Rocha, E. A. L. de S. S., Limeira, F. I. R. L., Carvalho, A. V. O. R. de, Santos, K. S. A. dos, & Medeiros, A. C. D. de. (2013). Avaliação da eficácia de diversas substâncias químicas na descontaminação de cones de gutta-percha. *Odontologia, Clinica, Recife*, 12(1), 35–38. http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-38882013000100008
- Rosen, E., Goldberger, T., Taschieri, S., del Fabbro, M., Corbella, S., & Tsesis, I. (2016). The Prognosis of Altered Sensation after Extrusion of Root Canal Filling Materials: A Systematic Review of the Literature. Em *Journal of Endodontics* (Vol. 42, Issue 6, pp. 873–879). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.03.018>
- Schilder, H., Goodman, A., Aldrich, W., & Mass, B. (1974). The thermomechanical properties of gutta-percha III. Determination of phase transition temperatures for gutta-percha. *Oral Surgery*, 38(1), 109–114. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(74\)90321-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(74)90321-1)
- Schilder, H., & Hargreaves, K. M. (2006). Filling root canals in three dimensions. *Journal of Endodontics*, 32(4), 281–290. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.007>
- Senia, E. S., Marraro, R. v, Mitchell, J. L., Lewis, A. G., Thomas, L., & Antonio, S. (1975). Rapid sterilization of gutta-percha cones with 5.25 % sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 1(4), 136–140. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(75\)80098-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(75)80098-7)
- Short, R. D., Dorn, S. O., & Kuttler, S. (2003). The crystallization of sodium hypochlorite on gutta-percha cones after the rapid-sterilization technique: An SEM study. *Journal of Endodontics*, 29(10), 670–673. <https://doi.org/10.1097/00004770-200310000-00015>
- Stevens, R. W., Strother, J. M., & McClanahan, S. B. (2006). Leakage and Sealer Penetration in Smear-free Dentin After a Final Rinse With 95% Ethanol. *Journal of Endodontics*, 32(8), 785–788. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.027>
- Tagger, M., & Gold, A. (1988). Flow of Various Brands of Gutta-percha Cones under In Vitro Thermomechanical Compaction. *Journal of Endodontics*, 14(3), 115–120. [10.1016/S0099-2399\(88\)80210-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80210-3)
- Taiña, D. V. (2000). *A Radiografia Digital Direta: tipos de sistemas e sensores de radiografia digital direta existentes no mercado internacional* [Monografia]. Universidade Federal de Santa Catarina. <http://tcc.bu.ufsc.br/Espodonto251901.PDF>

- Tanomaru, J. M. G., Pappen, F. G., Filho, M. T., Spolidorio, D. M. P., & Ito, I. Y. (2007). In vitro antimicrobial activity of different gutta-percha points and calcium hydroxide pastes. *Braz Oral Res*, 21(1), 35–39. [10.1590/s1806-83242007000100006](https://doi.org/10.1590/s1806-83242007000100006)
- Tomson, R. M. E., Polycarpou, N., & Tomson, P. L. (2014). Contemporary obturation of the root canal system. *British Dental Journal*, 216(6), 315–322. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.205>
- Topbaş, C. (2017). Endodontic Irrigation Solutions: A Review. *International Dental Research*, 7(3), 8. [10.5577/intdentres.2017.vol7.no3.2](https://doi.org/10.5577/intdentres.2017.vol7.no3.2)
- Torabinejad, M., Handysides, R., Khademi, A. A., & Bakland, L. K. (2002). Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 94(6), 658–666. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.128962>
- Ul-Hamid, A., Tawancy, H. M., Mohammed, A. R. I., Al-Jaroudi, S. S., & Abbas, N. M. (2006). Quantitative WDS analysis using electron probe microanalyzer. *Materials Characterization*, 56(3), 192–199. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2005.11.007>
- Uo, M., Wada, T., & Sugiyama, T. (2015). Applications of X-ray fluorescence analysis (XRF) to dental and medical specimens. *Elsevier*, 51(1), 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2014.07.001>
- Valois, C. R. A., Silva, L. P., & Azevedo, R. B. (2005). Effects of 2% chlorhexidine and 5.25% sodium hypochlorite on gutta-percha cones studied by atomic force microscopy. *International Endodontic Journal*, 38, 425–429. [10.1111/j.1365-2591.2005.00940.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.00940.x)
- Wilcox, L. R., & Wiemann, A. H. (1995). Effect of a Final Alcohol Rinse on Sealer Coverage of Obturated Root Canals. *Journal of Endodontics*, 21(5). [10.1016/s0099-2399\(06\)80992-1](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(06)80992-1)
- Sceiza. M. F. Z., Daniel, R. L., Santos, E. M., & Jaeger, M. M. (2001). Cytotoxic Effects of 10% Citric Acid and EDTA-T used as Root Canal Irrigants: An In Vitro Analysis. *Journal of Endodontics*, 27(12), 741–743. [10.1097/00004770-200112000-00007](https://doi.org/10.1097/00004770-200112000-00007)
- Zehnder, M., Schmidlin, P., Sener, B., & Waltimo, T. (2005). Chelation in Root Canal Therapy Reconsidered. *Journal of Endodontics*, 31(11). [10.1097/01.don.0000158233.59316.fe](https://doi.org/10.1097/01.don.0000158233.59316.fe)
- Zmener, O., Pameijer, C. H., Serrano, S. A., Vidueira, M., & Macchi, R. L. (2008). Significance of Moist Root Canal Dentin with the Use of Methacrylate-based Endodontic Sealers: An In Vitro Coronal Dye Leakage Study. *Journal of Endodontics*, 34(1), 76–79. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.10.012>

ANEXOS

Tabela A1 – Resultados da análise pela técnica **WDXRF**, apresentados os valores médios e o respetivo desvio padrão dos óxidos: ZnO, BaSO₄, Na₂O, TiO₂, MgO, SiO₂ e CuO.

Ensaio	ZnO	Média ZnO	DVP ZnO	BaSO ₄	Média BaSO ₄	DVP BaSO ₄	Na ₂ O	Média Na ₂ O	DVP Na ₂ O	TiO ₂	Média TiO ₂	DVP TiO ₂	MgO	Média MgO	DVP MgO	SiO ₂	Média SiO ₂	DVP SiO ₂	CuO	Média CuO	DVP CuO
ZC1	61,74	60,74	1,30	16,70	16,50	0,20	13,70	13,63	0,70	3,98	3,92	0,13	1,20	1,63	0,39	0,91	1,64	0,64	0,08	0,07	0,01
ZC2	59,27			16,30			14,30			3,78			1,73			2,11			0,08		
ZC3	61,22			16,50			12,90			4,01			1,90			0,07					
ZS1	61,50	61,24	0,48	16,80	16,47	0,29	14,40	13,67	0,64	3,83	3,90	0,08	1,00	1,57	0,55	0,75	1,35	0,58	0,08	0,08	0,00
ZS2	60,68			16,30			13,20			3,90			1,91			0,07					
ZS3	61,53			16,30			13,40			3,98			1,40			0,08					
ZA1	61,87	62,33	0,46	17,00	16,90	0,10	13,70	13,33	0,40	3,96	4,00	0,04	1,20	1,28	0,09	0,74	0,85	0,12	0,08	0,08	0,00
ZA2	62,78			16,80			12,90			4,01			0,85			0,08					
ZA3	62,35			16,90			13,40			4,04			0,97			0,08					
PC1	58,09	57,92	0,46	22,90	21,93	1,27	9,50	11,40	1,77	3,91	3,51	0,46	1,50	1,23	0,23	2,38	1,89	0,45	0,08	0,09	0,00
PC2	58,27			20,50			13,00			3,00			1,50			0,09					
PC3	57,39			22,40			11,70			3,61			1,80			0,09					
PS1	58,53	57,63	1,07	22,50	22,50	0,20	10,30	10,01	0,59	3,77	3,76	0,03	1,23	1,57	0,32	2,02	2,66	0,57	0,08	0,09	0,00
PS2	56,44			22,30			10,40			3,72			3,09			0,09					
PS3	57,92			22,70			9,34			3,78			2,87			0,09					
PA1	57,49	57,43	0,55	23,30	23,00	0,26	10,30	10,40	0,26	3,76	3,80	0,06	1,33	1,42	0,24	2,30	2,08	0,76	0,09	0,08	0,00
PA2	57,95			22,90			10,20			3,87			1,24			0,09					
PA3	56,86			22,80			10,70			3,76			1,69			0,08					
RC1	74,73	74,42	0,27	6,60	7,05	0,59	16,90	15,67	1,25	0	0,00	0	0	0	0	0,75	0	0	0,07	0,07	0,00
RC2	74,30			6,83			15,70			0,20			0,66			0,08					
RC3	74,24			7,72			14,40			0,52			0,82			0,08					

RS1	74,44			6,53			17,40			0					0			0,08			
RS2	67,08			5,89			12,80			0			5,28			7,30			0,06		
RS3	68,41	69,98	3,92	6,06	6,16	0,33	11,90	14,03	2,95	0	0	0	5,00	0	0	6,93	0	0	0,07	0,07	0,01
RA1	73,84			6,40			16,50			0			0,74			0			0,07		
RA2	71,92			6,30			14,90			0			2,41			3,24			0,07		
RA3	74,83	73,53	1,48	6,30	6,33	0,06	13,70	15,03	1,40	0	0	0	1,48	0	0	2,31	0	0	0,07	0,07	0,00
AC1	67,59			12,20			15,20			0			0			0			0,08		
AC2	65,60			12,40			14,80			0			0,81			1,50			0,08		
AC3	67,93	67,04	1,26	12,40	12,33	0,12	15,00	15,00	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,08	0,00
AS1	67,19			12,30			15,80			0			0			0			0,07		
AS2	66,21			12,60			15,70			0			0			0			0,07		
AS3	66,08	66,49	0,61	12,20	12,37	0,21	16,50	16,00	0,44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,07	0,00
AA1	65,87			12,70			15,20			0			0,68			0,91			0,08		
AA2	66,87			12,70			15,80			0			0			0			0,08		
AA3	66,55	66,43	0,51	12,30	12,57	0,23	16,00	15,67	0,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,08	0,00
CC1	56,38			15,90			11,00			6,85			4,61			3,58			0,08		
CC2	56,35			15,90			10,60			6,97			4,28			4,08			0,08		
CC3	56,75	56,49	0,22	16,20	16,00	0,17	9,22	10,27	0,93	7,02	6,95	0,09	5,58	4,82	0,68	4,39	4,02	0,41	0,08	0,08	0,00
CS1	56,17			16,10			10,50			6,95			5,31			3,65			0,08		
CS2	55,22			16,10			11,30			6,81			4,42			3,72			0,07		
CS3	55,57	55,65	0,48	15,80	16,00	0,17	11,30	11,03	0,46	6,99	6,92	0,09	4,57	4,77	0,48	3,69	3,69	0,04	0,08	0,08	0,01
CA1	54,70			15,60			12,80			6,90			4,26			3,50			0,08		
CA2	54,55			15,30			11,60			6,83			5,12			4,17			0,07		
CA3	54,95	54,73	0,20	15,90	15,60	0,30	11,50	11,97	0,72	6,84	6,86	0,04	5,06	4,81	0,48	4,18	3,95	0,39	0,08	0,08	0,00

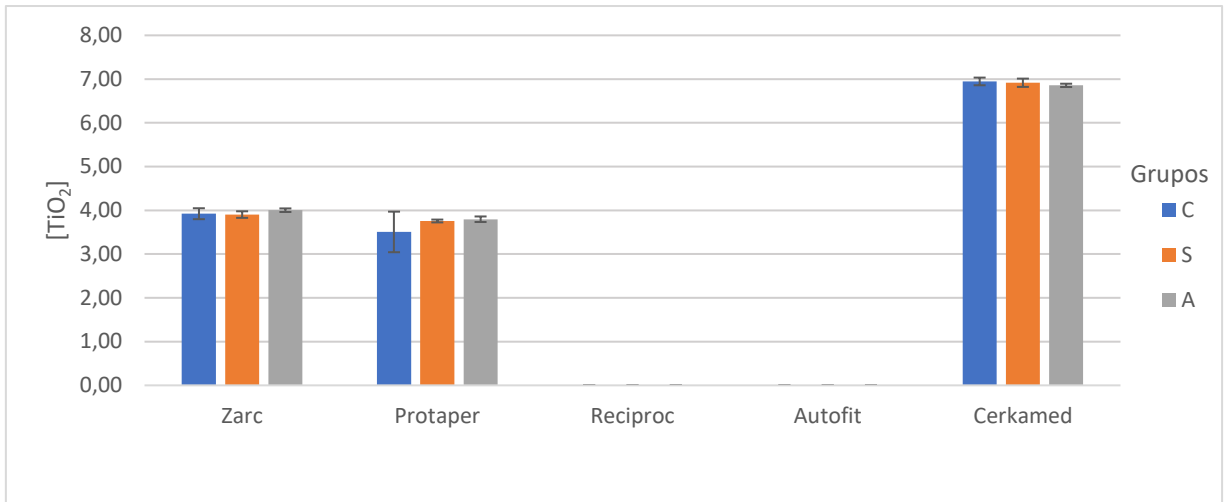


Gráfico A1 – Concentrações de TiO₂ com o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A de 3 marcas deste estudo.

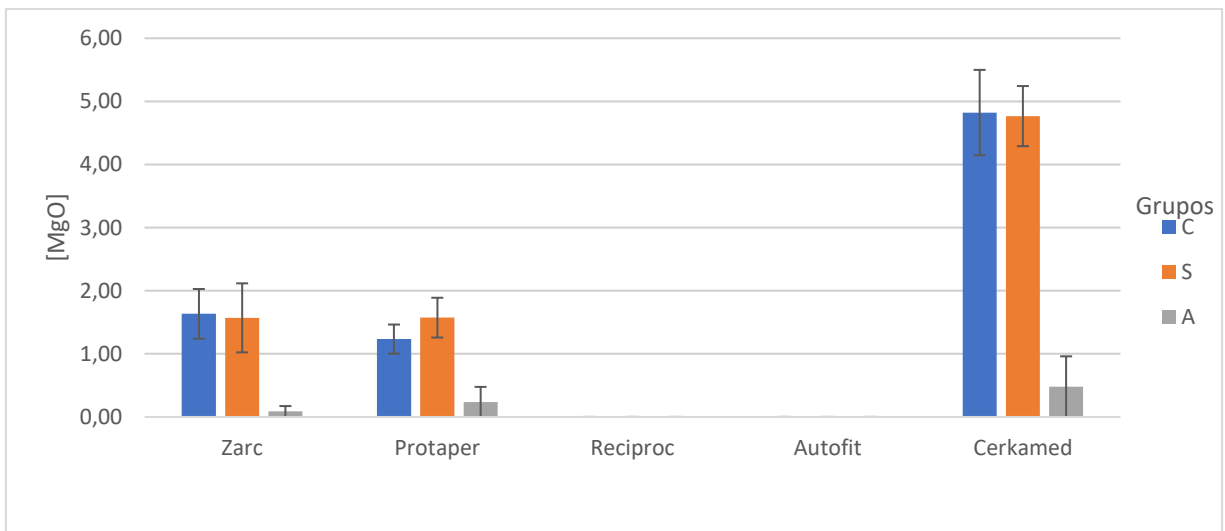


Gráfico A2 – Concentrações de MgO com o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A de 3 marcas deste estudo.

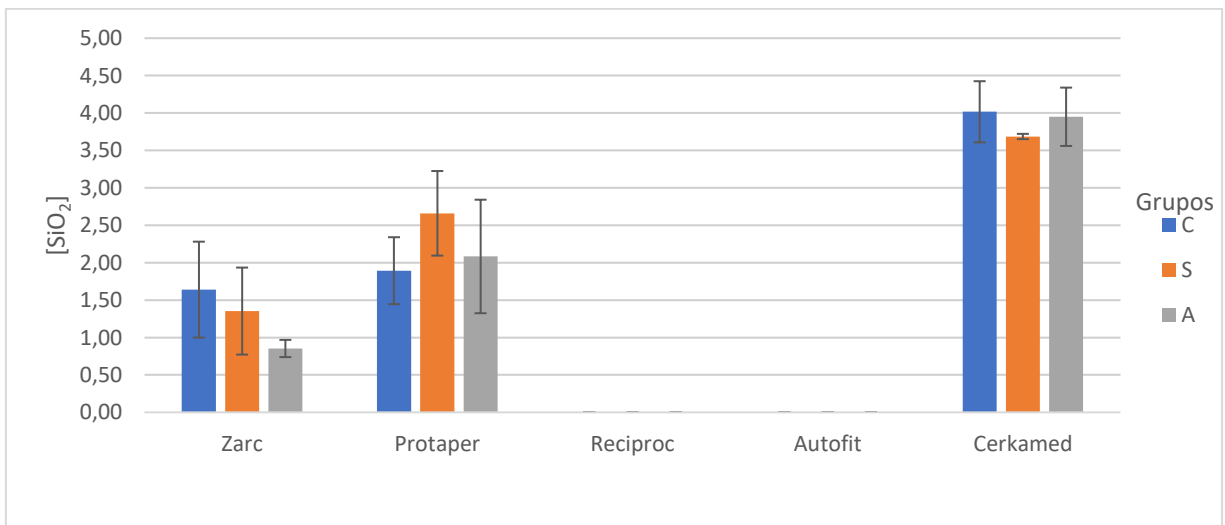


Gráfico A3 – Concentrações de SiO₂ com o respetivo desvio padrão, dos grupos C, S e A de 3 marcas deste estudo.

Tabela A2 - Resultados (%) do grupo C, S e A relativamente ao conteúdo de Fração Inorgânica (apresentados na forma valor médio \pm desvio padrão (VM \pm DP), das 5 marcas de cones de guta-percha.

Marca	Fração Inorgânica C VM \pm DV	Fração Inorgânica S VM \pm DV	Fração Inorgânica A VM \pm DV
<i>Cerkamed</i>	79,14 \pm 0,042	79,55 \pm 0,001	79,66 \pm 0,031
<i>Autofit</i>	83,17 \pm 0,006	83,24 \pm 0,003	83,24 \pm 0,001
<i>Protaper</i>	74,02 \pm 0,004	79,99 \pm 0,018	75,64 \pm 0,007
<i>Reciproc</i>	77,65 \pm 0,020	80,18 \pm 0,008	80,20 \pm 0,002
<i>Zarc</i>	81,59 \pm 0,034	80,97 \pm 0,002	81,37 \pm 0,005

Tabela A3 - Resultados (%) do grupo C, S e A relativamente ao conteúdo de fração orgânica (apresentados na forma valor médio \pm desvio padrão (VM \pm DP), das 5 marcas de cones de guta-percha.

Marca	Fração Orgânica C VM \pm DV	Fração Orgânica S VM \pm DV	Fração Orgânica A VM \pm DV
<i>Cerkamed</i>	18,53 \pm 0,007	19,18 \pm 0,046	18,49 \pm 0,009
<i>Autofit</i>	13,45 \pm 0,008	12,46 \pm 0,011	13,39 \pm 0,016
<i>Protaper</i>	21,91 \pm 0,032	22,57 \pm 0,011	17,73 \pm 0,002
<i>Reciproc</i>	17,053 \pm 0,012	17,33 \pm 0,018	17,30 \pm 0,012
<i>Zarc</i>	15,164 \pm 0,027	14,69 \pm 0,025	15,05 \pm 0,018

Tabela A4 - Resultados (%) do grupo C, S e A relativamente ao conteúdo de guta-percha (apresentados na forma valor médio \pm desvio padrão (VM \pm DP), das 5 marcas de cones de guta-percha.

Marca	Guta-Percha C VM \pm DV	Guta-Percha S VM \pm DV	Guta-Percha A VM \pm DV
<i>Cerkamed</i>	17,11 \pm 0,011	15,17 \pm 0,017	17,13 \pm 0,008
<i>Autofit</i>	11,26 \pm 0,007	10,79 \pm 0,012	11,62 \pm 0,012
<i>Protaper</i>	18,42 \pm 0,030	19,46 \pm 0,011	16,94 \pm 0,011
<i>Reciproc</i>	15,11 \pm 0,016	14,56 \pm 0,016	15,05 \pm 0,016
<i>Zarc</i>	13,67 \pm 0,026	13,55 \pm 0,042	14,15 \pm 0,042

Tabela A5 - Resultados (%) do grupo C, S e A relativamente ao conteúdo de ceras & resinas (apresentados na forma valor médio \pm desvio padrão (VM \pm DP), das 5 marcas de cones de guta-percha.

Marca	Ceras & Resinas C VM \pm DV	Ceras & Resinas S VM \pm DV	Ceras & Resinas A VM \pm DV
<i>Cerkamed</i>	1,42 \pm 0,005	4,00 \pm 0,040	1,35 \pm 0,002
<i>Autofit</i>	2,18 \pm 0,007	1,66 \pm 0,001	1,77 \pm 0,001
<i>Protaper</i>	3,49 \pm 0,003	3,11 \pm 0,005	0,79 \pm 0,005
<i>Reciproc</i>	1,95 \pm 0,001	2,77 \pm 0,005	2,25 \pm 0,005
<i>Zarc</i>	1,50 \pm 0,002	1,14 \pm 0,004	0,89 \pm 0,004

Análise estatística da radiopacidade

Comparações por Método Pairwise

Variável dependente: GreyScale

(I) Marca	(J) Marca	Diferença média (I-J)	Estatística do teste Padrão	Sig. ^b	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^b	
					Limite inferior	Limite superior
Autofit	Cerkamed	5,100*	,738	<,001	3,640	6,560
	PTG	1,022	,738	,168	-,438	2,483
	Reciproc	-2,422*	,738	,001	-3,883	-,962
	Zarc	-5,333*	,738	<,001	-6,794	-3,873
Cerkamed	Autofit	-5,100*	,738	<,001	-6,560	-3,640
	PTG	-4,078*	,738	<,001	-5,538	-2,617
	Reciproc	-7,522*	,738	<,001	-8,983	-6,062
	Zarc	-10,433*	,738	<,001	-11,894	-8,973
PTG	Autofit	-1,022	,738	,168	-2,483	,438
	Cerkamed	4,078*	,738	<,001	2,617	5,538
	Reciproc	-3,445*	,738	<,001	-4,905	-1,984
	Zarc	-6,356*	,738	<,001	-7,816	-4,895
Reciproc	Autofit	2,422*	,738	,001	,962	3,883
	Cerkamed	7,522*	,738	<,001	6,062	8,983
	PTG	3,445*	,738	<,001	1,984	4,905
	Zarc	-2,911*	,738	<,001	-4,371	-1,451
Zarc	Autofit	5,333*	,738	<,001	3,873	6,794
	Cerkamed	10,433*	,738	<,001	8,973	11,894
	PTG	6,356*	,738	<,001	4,895	7,816
	Reciproc	2,911*	,738	<,001	1,451	4,371

Baseado em médias marginais estimadas

*. A diferença média é significativa no nível ,05.

b. Ajustamento para diversas comparações: Diferença Menos Significativa (equivalente a nenhum ajustamento).

Figura A1 – Comparações por Método Pairwise, representadas as significâncias e o Intervalo de confiança(95%).

Descritivas

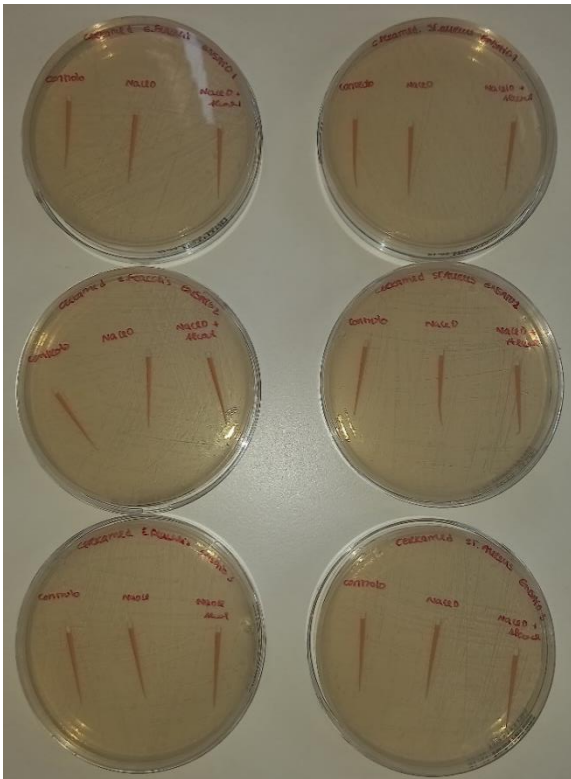
GreyScale

	N	Média	Desvio padrão	Erro Padrão	95% de Intervalo de Confiança para Média		Mínimo	Máximo
					Limite inferior	Limite superior		
Autofit – C	3	127,0000	3,46410	2,00000	118,3947	135,6053	125,00	131,00
Autofit – NaOCl	3	129,3333	6,80686	3,92994	112,4242	146,2425	124,00	137,00
Autofit – NaOCl + A	3	134,0000	4,58258	2,64575	122,6163	145,3837	130,00	139,00
Cerkamed – C	3	126,0000	4,35890	2,51661	115,1719	136,8281	123,00	131,00
Cerkamed – NaOCl	3	126,0000	3,00000	1,73205	118,5476	133,4524	123,00	129,00
Cerkamed – NaOCl + A	3	122,6667	3,05505	1,76383	115,0775	130,2558	120,00	126,00
PTG – C	3	130,1100	1,01799	,58774	127,5812	132,6388	129,00	131,00
PTG – NaOCl	3	129,6667	2,51661	1,45297	123,4151	135,9183	127,00	132,00
PTG – NaOCl + A	3	126,3333	4,04145	2,33333	116,2938	136,3729	124,00	131,00
Reciproc – C	3	131,5567	2,98658	1,72430	124,1376	138,9757	129,67	135,00
Reciproc – NaOCl	3	133,0000	3,46410	2,00000	124,3947	141,6053	129,00	135,00
Reciproc – NaOCl + A	3	133,3333	2,51661	1,45297	127,0817	139,5849	131,00	136,00
Zarc – C	3	135,6667	,57735	,33333	134,2324	137,1009	135,00	136,00
Zarc – NaOCl	3	133,3333	3,51188	2,02759	124,6093	142,0573	130,00	137,00
Zarc – NaOCl + A	3	137,6667	1,52753	,88192	133,8721	141,4612	136,00	139,00
Total	45	130,3778	5,01542	,74765	128,8710	131,8846	120,00	139,00

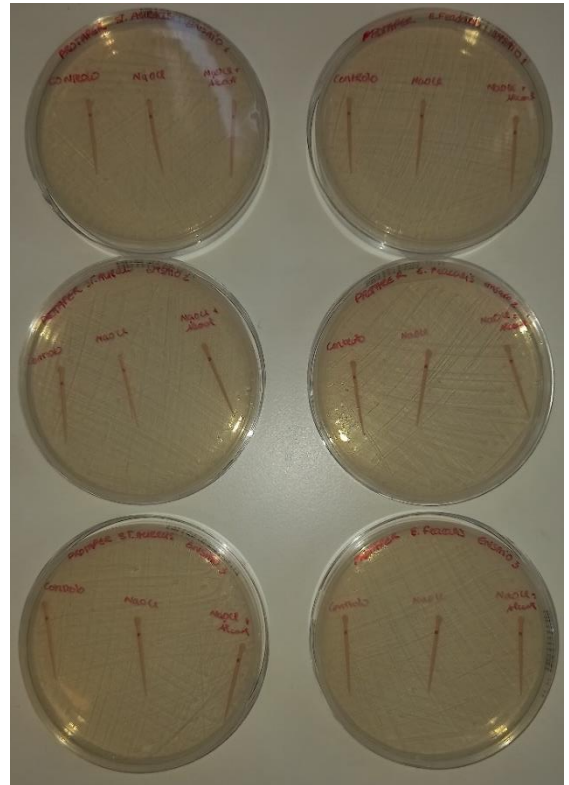
Figura A2 – Estatística Descritiva, VM, DP e Intervalo de Confiança das 5 marcas do estudo e os respectivos tratamentos.

Análise da atividade antimicrobiana

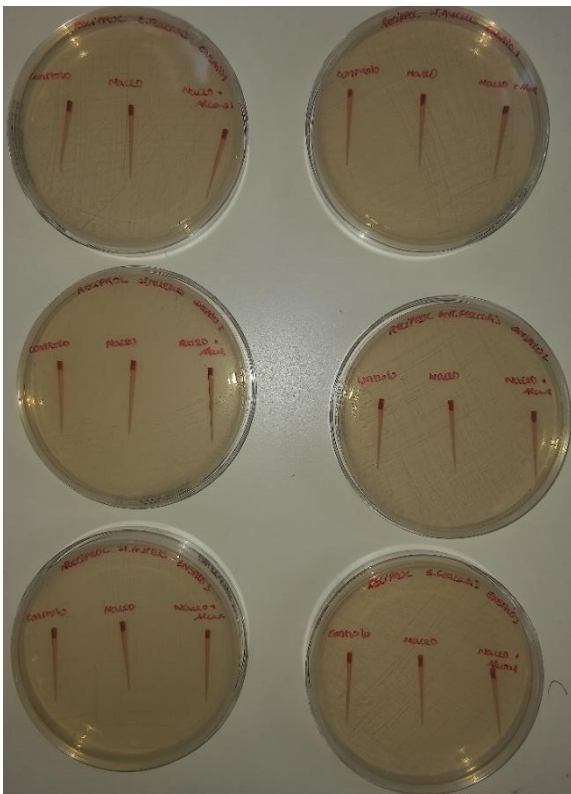
A



B



C



D

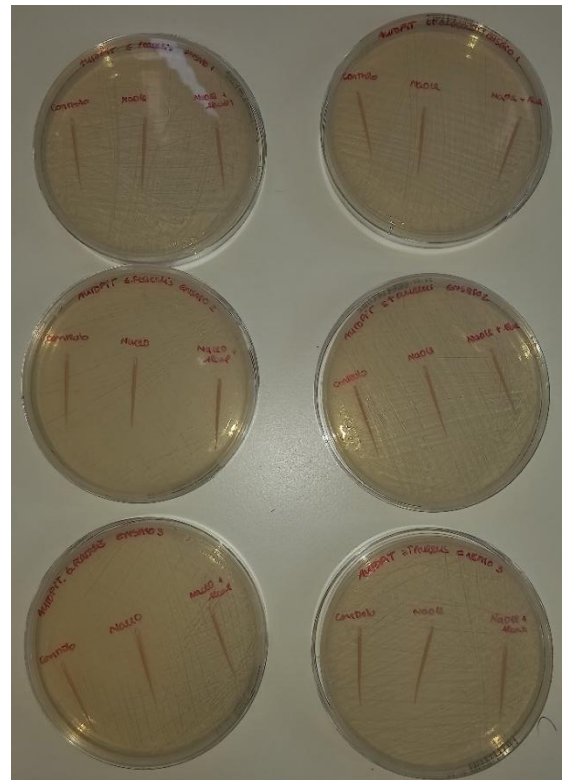
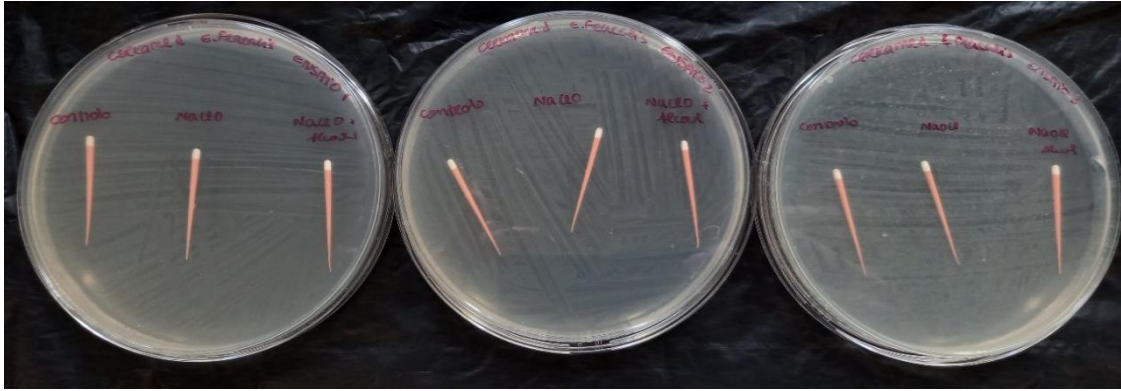
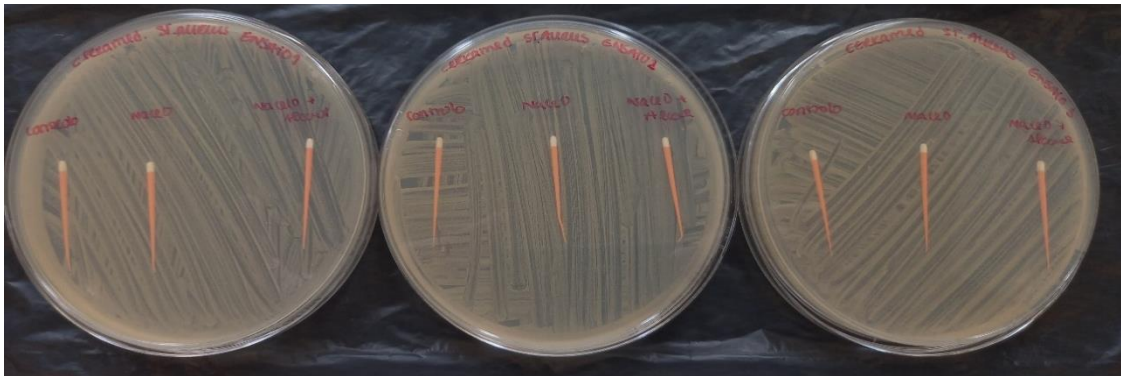


Figura A3 - Placas incubadas com *Enterococcus faecalis* e *Staphylococcus aureus*, e 3 cones de guta-percha da marca CerkaMed (A), ProTaper Gold (B), Reciproc (C) e Autofit (D) cada qual correspondente aos grupos (C, S, A) no dia # 2

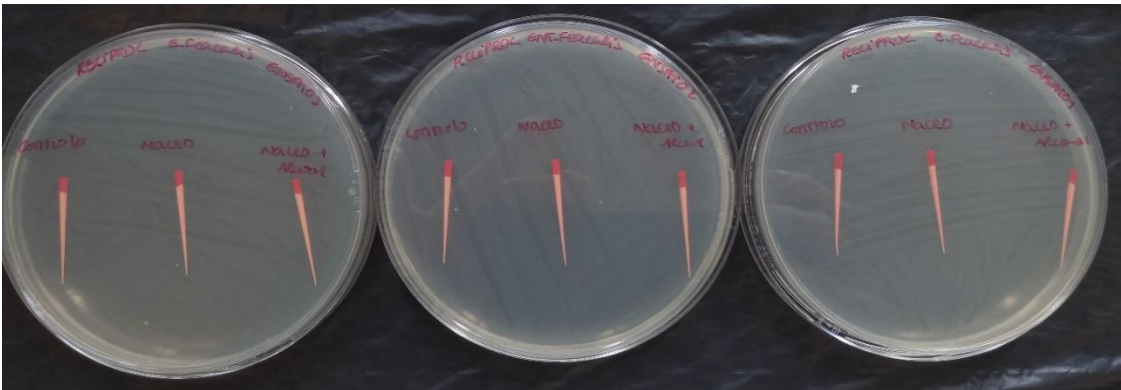
A



B



C



D

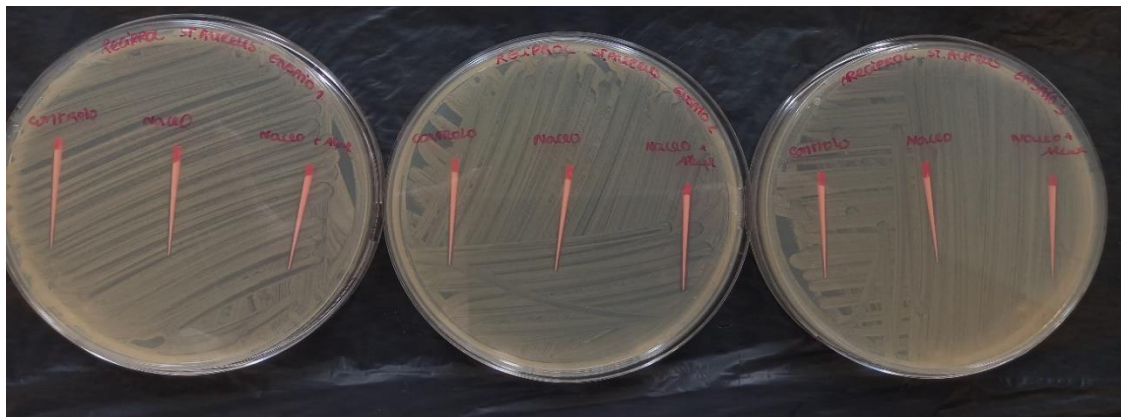


Figura A4 - Observação placas no dia #3 para as marcas Ceramed (A,B) e Reciprocal (C,D).

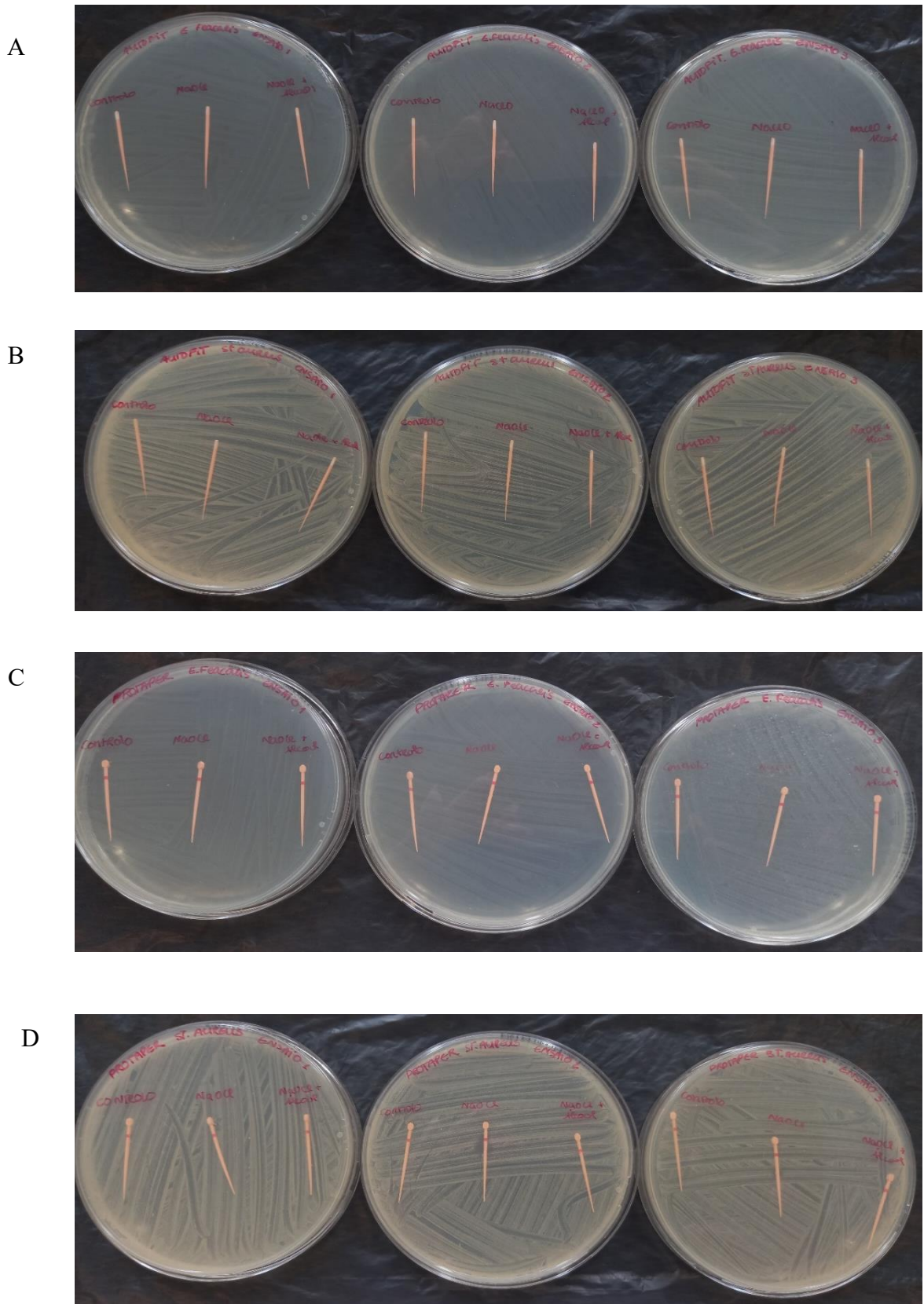


Figura A5 - Observação placas no dia #3 para as marcas *Autofit* (A,B) e *ProTaper Gold* (C,D).