



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA



ARTHUR GUILHERME LOPES FONSECA DIAS

**EFEITO DO DIAMINO FLUORETO DE
PRATA NA DENTINA IRRADIADA: ANÁLISE DE
COMPOSIÇÃO QUÍMICA**

UBERLÂNDIA

2024

ARTHUR GUILHERME LOPES FONSECA DIAS

**EFEITO DO DIAMINO FLUORETO DE
PRATA NA DENTINA IRRADIADA: ANÁLISE DE
COMPOSIÇÃO QUÍMICA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado a Faculdade de Odontologia da
UFU, como requisito parcial para obtenção do
título de Graduado em Odontologia

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Veridiana
Resende Novais Simamoto

Co-orientadora: Me. Mary Stefany
Andrade Carvalho

UBERLÂNDIA

2024

SUMÁRIO

RESUMO	04
ABSTRACT	05
INTRODUÇÃO	06
OBJETIVO	08
DELINEAMENTO	08
MATERIAIS E MÉTODOS	09
RESULTADOS	13
DISCUSSÃO	14
CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS	18

RESUMO

Pacientes submetidos à radioterapia na região da cabeça e pescoço apresentam efeitos adversos, dentre eles a cárie relacionada à radiação ionizante, representando um desafio significativo para os profissionais em termos de gerenciamento e manejo dessas lesões. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do Diamino Fluoreto de Prata (DFP) nas características químicas da dentina humana irradiada in vivo. Para alcançar esse objetivo, foram coletados doze terceiros molares saudáveis e doze pré-molares e molares de pacientes pós-radioterapia cabeça e pescoço. Os dentes foram categorizados em dois grupos (n=12). Em ambos os grupos, foi aplicado o Diamino Fluoreto de Prata a 38% (SDF, SDI Limited, Victoria, Austrália). A análise da dentina foi realizada em duas fases: antes da aplicação do DFP e após 1 mês. Hemissecções foram submetidas à espectroscopia de infravermelho transformada de Fourier (FTIR) antes e após aplicação do DFP. Os dados foram analisados utilizando ANOVA de dois fatores, seguida pelo teste post hoc de Tukey. A análise FTIR revelou diferenças atribuídas à irradiação no componente Carbonato ($p = 0.047$) e ao DFP na banda Amida I ($p = 0,006$), Carbonato ($p = 0,008$) e em todas as razões: C:F ($P=0,004$), M:M ($P=0,005$) e Amidal:AmidaIII ($P=0,007$). A aplicação de DFP na dentina irradiada levou a alterações estruturais na porção orgânica, reorganização de minerais mais solúveis e formação/deposição de minerais.

Palavras-chave: Dentina; Diamino fluoreto de prata; Espectroscopia Infravermelha Transformada de Fourier; Radioterapia.

ABSTRACT

Patients undergoing radiotherapy in the head and neck region experience adverse effects, including cavities related to ionizing radiation, representing a significant challenge for professionals in terms of managing these injuries. The objective of this study was to evaluate the effect of Silver Diamino Fluoride (DFP) on the chemical characteristics of irradiated human dentin *in vivo*. To achieve this objective, twelve healthy third molars and twelve premolars and molars were collected from post-head and neck radiotherapy patients. The teeth were categorized into two groups (n=12). In both groups, 38% Silver Diamino Fluoride (SDF, SDI Limited, Victoria, Australia) was applied. Dentin analysis was carried out in two phases: before applying DFP and after 1 month. Hemisections were subjected to Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) before and after DFP application. Data were analyzed using two-way ANOVA, followed by Tukey's post hoc test. FTIR analysis revealed differences attributed to irradiation in the Carbonate component ($p = 0.047$) and to DFP in the Amide I band ($p = 0.006$), Carbonate ($p = 0.008$) and in all ratios: C:F ($P=0.004$), M:M ($P=0.005$) and AmideI:AmideIII ($P=0.007$). The application of DFP to irradiated dentin led to structural changes in the organic portion, reorganization of more soluble minerals and formation/deposition of minerals.

Keywords: Dentin; Silver diamino fluoride; Fourier Transform Infrared Spectroscopy; Radiotherapy

1. INTRODUÇÃO

O câncer na região de cabeça e pescoço refere-se a uma ampla categoria de tumores malignos que se desenvolvem no trato aerodigestivo superior, incluindo a cavidade oral, laringe, faringe e seios paranasais. (CASATI et al., 2012) Sendo que, aproximadamente 40% dos casos desse tipo de câncer afetam a cavidade bucal, ocorrendo em estruturas como a língua, assoalho de boca, palato e lábios. O restante das incidências se distribuem em laringe, faringe, tireoide e outras glândulas. (WASKEVICZ; WASKEVICZ; NASCIMENTO, 2023). Além disso, 90% dos casos são do tipo histológico carcinoma de células escamosas. (SANTOS et al., 2019)

Como principais fatores de risco para o câncer de cabeça e pescoço temos o tabagismo, consumo de álcool, dieta desbalanceada, histórico familiar e sedentarismo. Sendo os dois primeiros os principais, o que resulta na maioria dos pacientes acometidos serem tabagistas e/ou consumidores de bebidas alcólicas (WASKEVICZ; WASKEVICZ; NASCIMENTO, 2023). Além dessas características, o perfil epidemiológico predominante do câncer de cabeça e pescoço refere-se a homens com idade superior a 50 anos, de baixa renda e escolaridade (WASKEVICZ; WASKEVICZ; NASCIMENTO, 2023).

Devido à sua complexidade, o tratamento é feito com uma abordagem multidisciplinar, na qual a radioterapia desempenha um papel crítico. Radioterapia antes e depois de tratamentos cirúrgicos resulta em melhoras no desfecho dos quadros dos pacientes (ANDERSON et al., 2021). No entanto, a radioterapia tem vários efeitos colaterais adversos como a mucosite oral, hipossalivação, cárie relacionada à radiação, osteorradionecrose e trismo, efeitos que impactam diretamente na qualidade de vida dos pacientes (BOHN et al., 2021; KAWASHITA et al., 2020).

A cárie é uma doença multifatorial com início a partir do desequilíbrio do processo de remineralização e desmineralização do tecido dental, que ocorre naturalmente na boca. (MOORE et al., 2020). Estima-se que 24% dos pacientes irradiados na região de cabeça e pescoço apresentam cárie após o tratamento, assim como 21% dos que passaram por quimioradioterapia (MOORE et al., 2020). A cárie relacionada à radiação ionizante apresentam progressão mais agressiva e afetam

regiões não comuns dos dentes, como as pontas de cúspides e bordas incisais, além de ser muito recorrente nas cervicais (SROUSSI et al., 2017). É comum que a perda de estrutura culmine na falta de sustentação para a coroa dental e favoreça fraturas (BOHN et al., 2021; PALMIER et al., 2020).

Em relação à composição química, a dentina é composta, em volume, de 70% de minerais, 20% componentes orgânicos e 10% de água. A porção mineral é composta majoritariamente por cristais de hidroxiapatita carbonatada (NANCI, 2013), e a porção orgânica por proteínas fibrosas, principalmente colágeno tipo 1 (XU; WANG, 2012). A hidroxiapatita ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) é um cristal que tem como eixo de disposição a fibrila de colágeno (KANG et al., 2004; TERUEL et al., 2015), e como característica a ocorrência frequente de substituição de grupos que a compõe por outros (ELLIOTT, 2013). Na dentina, ocorre a substituição dos grupos hidroxila (OH) e fosfato (PO_4^{3-}) por íon carbonato (XU; WANG, 2012). Essa mudança não afeta a estrutura do cristal, mas aumenta a sua solubilidade (ROHANIZADEH et al., 1999). Por esse motivo, a desmineralização promovida pela cárie pode ocorrer com maior facilidade na dentina.

A terapia com fluoretos tem sido cada vez mais preconizada para o manejo das lesões de cárie (TSANG et al., 2006; CHU; MEI; LO, 2010). Entre as diversas opções de fluoretos disponíveis, destaca-se o Diamino Fluoreto de Prata (DFP), uma solução de uso tópico. O que diferencia o DFP das demais alternativas é sua capacidade não apenas de prevenir novas lesões, mas também de interromper a progressão daquelas já existentes. Esta solução combina as propriedades antibacterianas da prata com os efeitos remineralizantes do flúor de maneira eficaz (BURGESS; VAGHELA, 2018; CRYSTAL; NIEDERMAN, 2019).

A prata interage com as membranas celulares, enzimas, DNA e RNA das bactérias, resultando na inibição do crescimento bacteriano. Além disso, a prata substitui parte do cálcio nos cristais de hidroxiapatita, reduzindo a adesão bacteriana e minimizando a citotoxicidade ao tecido (MEI; LO; CHU, 2018). Por outro lado, o fluoreto desempenha papel fundamental no controle da cárie ao promover a formação de fluorhidroxiapatita, com menor solubilidade que a hidroxiapatita convencional.

Por fim, a combinação de fluoreto e prata forma uma solução alcalina que desfavorece a ativação de enzimas metabolizadoras do colágeno (MEI; LO; CHU, 2018), criando assim um ambiente que ampara a remineralização e a proteção dos

tecidos dentários contra a progressão da lesão cariosa. Tanto o fluoreto quanto a prata inibem a ação de metaloproteinases, enzimas que metabolizam o colágeno na dentina, contribuindo ainda mais para a proteção dos tecidos dentários (MEI; LO; CHU, 2018).

Tendo em vista a prevalência significativa de cárie em pacientes irradiados em região de cabeça e pescoço, sua característica agressiva de progressão, e os diferenciais positivos do diamino fluoreto de prata na interrupção dessa progressão e prevenção de novas lesões de cárie, esse trabalho busca auxiliar na elucidação sobre os impactos do DFP na composição química da dentina. Sendo que a hipótese desse estudo é que o FDS não interage com a dentina irradiada alterando suas propriedades químicas.

2. OBJETIVO

Avaliar o efeito da aplicação do diamino fluoreto de prata na composição química da dentina humana irradiada.

3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

- A) **Unidade experimental:** Blocos de dentina de pré-molares e molares inferiores humanos.
- B) **Fator em estudo:** Irradiação em dois níveis (grupo não irradiado e grupo irradiado); momento de análise (antes da aplicação de DFP e após 1 mês da aplicação de DFP).
- C) **Variáveis resposta:** Composição química (amida I, fosfato, amida III, carbonato, razão fosfato/amida I, razão carbonato/fosfato e razão amida I/amida III).
- D) **Método de análise:** Espectroscopia Infravermelha Transformada de Fourier (FTIR).
- E) **Método estatístico:** Os dados foram testados quanto à distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) e igualdade de variância (teste de Levene, $p > 0,05$). As razões obtidas no FTIR foram analisadas por meio de análise de variância

(ANOVA) de dois fatores, considerando os fatores irradiação e tempo de aplicação do fluoreto de diamina de prata, seguido do teste de Tukey.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção e preparo das amostras

Após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Uberlândia (protocolo N°.59076222.6.0000.5152), foram coletados 24 dentes previamente indicados para exodontia, sem fraturas, trincas ou lesões de cárie. Destes elementos dentários obtidos, 12 pertenciam a pacientes que haviam passado por radioterapia na região de cabeça e pescoço (tabela 1), enquanto os outros 12 eram de pacientes não irradiados. A coleta dos dentes ocorreu nas clínicas de cirurgia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, e os mesmos foram armazenados em água destilada.

Tabela 1. Tipos de neoplasia maligna dos pacientes irradiados e quantidade de pacientes em cada tipo.

Neoplasia maligna	Quantidade
Sarcoma de Kaposi	1
CEC Nasofaringe	2
CEC Orofaringe	6
CEC Supraglote	1
CEC Palato duro	1
Linfoma	1

Todos os dentes precisavam apresentar uma indicação clínica para exodontia, além do consentimento prévio dos pacientes. Após a coleta, as metodologias foram conduzidas no Centro de Pesquisa Odontológico Biomecânico, Biomateriais e

Biologia Celular (CPBio) da Faculdade de Odontologia da UFU. Antes dos testes, os dentes foram higienizados com curetas periodontais Gracey (Hu-Friedy Co., Chicago, IL, EUA) para remover detritos orgânicos e inorgânicos. Em seguida, utilizou-se uma escova tipo Robson (Roda, Microdont Ltda., São Paulo, SP, Brasil) montada em micromotor, em baixa rotação, com pasta de pedra pomes (Asfer Indústria Química Ltda., São Caetano do Sul, SP, Brasil) e água destilada para profilaxia.

Os dentes foram seccionados com um disco diamantado de dupla face (Isomet, diamante 15HC; Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) montado em cortadeira de precisão (Isomet 1000; Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) sob refrigeração. Dois cortes perpendiculares foram realizados ao longo do eixo de cada dente: o primeiro na junção cimento-esmalte, separando a coroa da raiz, e o segundo a 3 mm em direção à coroa. Diante disso, a fatia do terço cervical foi levada a cortadeira novamente para a remoção do esmalte, de tal forma que as análises foram realizadas apenas em dentina (figura 1).

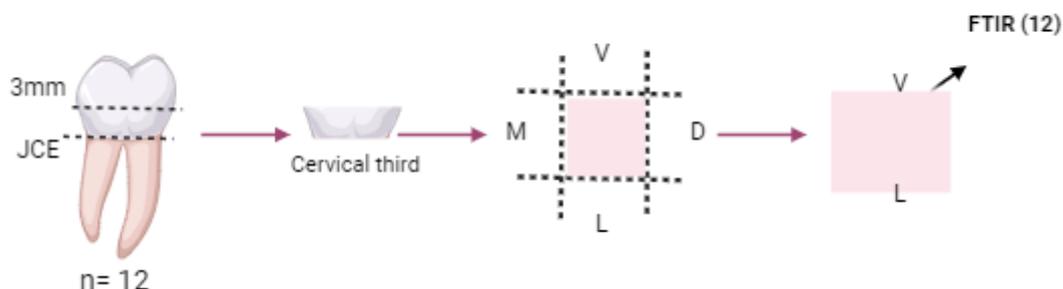


Figura. 1. Desenho esquemático do preparo das amostras.

Após a primeira análise, iniciamos o protocolo para a aplicação do Riva Star 38% (SDI Limited, Victoria, Austrália), o qual também inclui a presença do Iodeto de Potássio, seguindo as recomendações do fabricante. A amostra foi devidamente seca com um leve jato de ar. Uma gota do Riva Star Step 1 (frasco que continha o Diamino Fluoreto de Prata) foi aplicada com o auxílio de um microbrush de forma ativa por 60 segundos. Logo em seguida, duas gotas do Riva Star Step 2 (frasco que continha o Iodeto de Potássio) foram friccionadas por 60 segundos. Para finalizar, papel absorvente foi usado na região para remover o excesso de produto, e a área foi lavada com água destilada. As amostras, após a aplicação do DFP, foram armazenadas em

água destilada , a qual era trocada semanalmente, e incubadas a 37°C. A análise das amostras foi realizada antes e 1 mês após a aplicação do DFP.

2.2 Espectroscopia Infravermelha Transformada de Fourier (FTIR /ATR)

A composição química das amostras foi determinada utilizando Espectroscopia Infravermelha Transformada de Fourier (Vertex 70, Bruker, Ettlingen, Alemanha) por meio da técnica de Reflexão Total Atenuada (ATR). A superfície testada foi posicionada em contato com o cristal de diamante da unidade ATR e pressionada constantemente por uma garra para aumentar o contato da amostra com o cristal do equipamento, como é mostrado na figura 3. Assim, os espectros foram registrados no intervalo de 400 a 4000 cm^{-1} , com uma resolução de 4 cm^{-1} . Cada amostra foi escaneada 32 vezes e o espectro final obtido foi a média de todas essas leituras. Os espectros foram registrados e analisados com o software OPUS 6,5 (Bruker, Ettlingen, Alemanha). As bandas consideradas para este estudo foram analisadas: amida I (1815 cm^{-1} - 1590 cm^{-1} / pico 1655 cm^{-1}), amida III (1351 cm^{-1} - 1180 cm^{-1} / pico 1235 cm^{-1}), fosfato (1181 cm^{-1} - 886 cm^{-1} / pico 1035 cm^{-1}) e carbonato (920 cm^{-1} - 820 cm^{-1} / pico 872 cm^{-1}) (LIU et al., 2014). Após correção da linha de base e normalização pela banda do fosfato (702-1190 cm^{-1}) dos espectros, os seguintes parâmetros químicos foram analisados: (1) Razão matriz/mineral (M:M), dada pela razão entre as bandas em 1035 e 1655 cm^{-1} , atribuídas à vibração ν_3 do íon fosfato e ao alongamento C=O da amida I no colágeno, respectivamente; (2) Razão carbonato/fosfato (C:M), dada pela relação das áreas integradas do carbonato ν_2 a 872 cm^{-1} para o fosfato ν_3 a 1035 cm^{-1} ; (3) Razão amida I/amida III, indicada pela relação das áreas integradas da amida I a 1655 cm^{-1} para a amida III a 1235 cm^{-1} (JIANG et al., 2007; LIU et al., 2014).



Fig. 2. ATR / FTIR; Vertex 70, Bruker, Ettlingen, Alemanha.

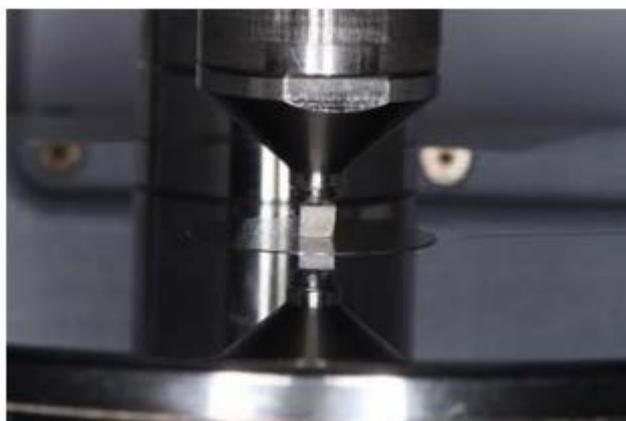


Fig. 3. Amostra posicionada sobre o cristal de diamante.

2.3 Análise Estatística

Os dados foram testados quanto à distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0.05$) e quanto a igualdade de variâncias (Teste de Levene, $p > 0.05$). Os dados foram analisados usando ANOVA de dois fatores (TWO-WAY ANOVA), seguido pelo teste pós hoc de Tukey. O nível de significância estatística foi 0,05, e todas as análises

estatísticas foram feitas usando um pacote estatístico (SigmaPlot® System, version 12.0, Systat Institute Inc.; San Jose, CA, USA).

5. RESULTADOS

A tabela 1 mostra as médias e desvios padrão das áreas integradas de cada componente químico analisado. ANOVA de dois fatores demonstrou valores significativos em relação ao fator DFP para amida I ($p = 0,006$) e carbonato ($p = 0,008$). Sendo que, em relação ao carbonato, também houve significância para o fator irradiação ($p = 0.047$).

Tabela 1. Médias e desvios padrão das áreas integradas de cada componente químico analisado pela Espectroscopia FTIR/ATR.

Aplicação do DFP	Amida I		Fosfato		Amida III		Amida II		Carbonato	
	Não Irradiado	Irradiado	Não Irradiado	Irradiado	Não irradiado	Irradiado	Não Irradiado	Irradiado	Não Irradiado	Irradiado
Antes	2,988	3,027	21,933	20,837	0,408	0,409	0,588	0,611	2,572	2,067
	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-
	0,487	0,654	0,799	1,552	0,069	0,109	0,100	0,080	0,216	0,380
Depois de 1 Mês	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Ab
	2,360	2,291	21,283	21,312	0,374	0,405	0,567	0,605	2,182	1,899
	+-	+-	+ ₋	+ ₋	+ ₋	+ ₋	+-	+ ₋	+ ₋	+ ₋
	0,406	0,685	0,485	0,861	0,056	0,075	0,091	0,141	0,216	0,520
	Ba	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Ba	Bb

Letras maiúsculas diferentes (análise das colunas) e letras minúsculas diferentes (análise das linhas) representam diferenças significativas ($p < 0.0.5$).

Como mostra a tabela 1, houveram menores valores para a Amida I, tanto no grupo irradiado e no grupo não irradiado, após 1 mês da aplicação do DFP. O composto carbonato também apresentou menores valores após a aplicação do DFP tanto para o grupo irradiado quanto para o grupo não irradiado. No fator irradiação o carbonato apresentou menores valores no grupo irradiado quando comparado ao grupo não irradiado.

Tabela 2. Médias e desvios padrão para M/M, C/F e Amida I / Amida III, pela espectroscopia FTIR/ATR, comparando irradiados e não irradiados e a aplicação do DFP.

Aplicação	C/F		M/M		Amida I / Amida III	
	Não Irrradiado	Irrradiado	Não Irrradiado	Irrradiado	Não Irrradiado	Irrradiado
Antes	0,119 +-	0,103 +-	0,135 +-	0,146 +-	7,114 +-	7,067 +-
	0,011 Aa	0,015 Aa	0,019 Aa	0,033 Aa	0,550 Aa	1,211 Aa
Depois de 1 mês	0,101 +-	0,090 +-	0,115 +-	0,109 +-	6,355 +-	6,454 +-
	0,009 Ba	0,021 Ba	0,012 Ba	0,027 Ba	0,577 Ba	0,401 Ba

Letras maiúsculas diferentes (análise das colunas) e letras minúsculas diferentes (análise das linhas) representam diferenças significativas ($p < 0.0.5$).

Para as razões, ANOVA mostrou diferença estatística na aplicação do DFP em todas as razões, Carbonato / Fosfato ($p = 0,004$), Matriz / Mineral ($p = 0,005$) e Amida I / Amida III ($p = 0,007$) como mostra a Tabela 2. Na tabela 2, é observado que todas as três razões apresentaram menores valores após 1 mês de aplicação do DFP, tanto no grupo irradiado quanto no não irradiado.

6. DISCUSSÃO

A Hipótese nula foi rejeitada, pois os resultados demonstraram que após aplicação do DFP houve alteração na composição química da dentina irradiada e não irradiada. O elemento Carbonato apresentou um resultado com diferença estatística tanto para o fator tempo com aplicação do DFP quanto para o fator radiação. Nos tecidos dentais o carbonato é responsável pela solubilidade ácida e a redução de seu valor na estrutura está relacionada ao aumento da resistência à desmineralização (PEREIRA et al., 2018), cenário que ocorreu após a aplicação do DFP.

A metodologia utilizada nessa pesquisa representa a medida do comprimento de onda e intensidade da absorção da luz infravermelha (IR) por uma amostra. A luz infravermelha é energética o suficiente para provocar vibrações moleculares em níveis mais altos de energia (CUI et al., 2012). Os estados excitados resultam em vibrações moleculares (isto é, alongamento, flexão, torção e oscilação fora do plano) ocorrendo em números de ondas variáveis (ou frequências) na região IR do espectro da luz (LOPES et al., 2018). O número de ondas de cada pico de absorbância é determinado

pelas propriedades físico-químicas intrínsecas da molécula correspondente. Em particular, o uso do FTIR no modo ATR atrai muita atenção devido à controlada profundidade de penetração e ao comprimento correspondente da luz infravermelha na amostra (GRIFFITHS e HASETH, 2006; KAZARIAN e CHAN, 2013). Além disso, uma das vantagens desse método é que ele é uma técnica não destrutiva, permitindo o uso da mesma amostra para diferentes avaliações (ZIEBA-PALUS; KUNICKI, 2006)

A cárie relacionada à radiação ionizante é uma forma altamente destrutiva e progressiva da cárie (BOHN et al., 2021), nesse sentido, métodos que auxiliem no manejo dessas lesões são extremamente necessários. No presente estudo o DFP interagiu com a dentina tanto com a fase orgânica quanto com a fase mineral. A prata interage com a fase mineral, resultando na formação do fosfato de prata (SUZUKI et al., 1974). Já o fluoreto presente no produto é incorporado pela hidroxiapatita e resulta na formação de fluorapatita, a partir de uma reação de substituição de íons. Dessa forma, reduzindo a solubilidade da fase mineral da dentina e prevenindo a formação de lesões cariosas (MEI; LO; CHU, 2018).

No FTIR/ATR a região espectral das amidas I e III é adequada para o estudo de alterações estruturais em proteínas. A banda de absorção mais intensa nas proteínas é a Amida I, detectada pelas vibrações dos grupos C=O (70-85%) e C-N (10-20) e está relacionada à conformação e ao padrão de ligação do hidrogênio (XU; WANG, 2012). A banda da amida III é detectada de forma reduzida, pois é uma banda muito complexa, dependente dos detalhes do campo de força, da natureza das cadeias laterais e da ligação de hidrogênio presentes em sua estrutura orgânica (FANG & YANG & WU, 2002).

Após a aplicação do DFP na dentina, os valores de Amida I apresentaram diminuição significativa tanto para o grupo irradiado quanto para o não irradiado. As alterações observadas na Amida I sugerem que o SDF altera a organização da estrutura do colágeno e colabora para desidratação das fibras colágenas (MILES et al., 2005; BELBACHIR et al., 2009). Diante disso, o tratamento com DFP gera efeito de reticulação (CIFUENTES et al., 2023). Cenário que colabora para uma menor leitura na banda Amida I.

A banda do Carbonato também apresentou diferença significativa após aplicação do DFP, tanto para o grupo irradiado quanto para o grupo não irradiado. Os grupos carbonato são mais solúveis que os grupos fosfato (OTSUKA et al., 2012) e o

tratamento com DFP reorganiza alguns íons carbonato da estrutura inorgânica da dentina (DRISCOLL et al., 2002). Isso pode facilitar um cenário ideal para a precipitação da fluorhidroxiapatita de baixa solubilidade (HU et al., 2018). O fator radiação mostrou diferença estatística também na análise do carbonato, há um valor menor desse composto para o grupo irradiado. Esse resultado ocorreu provavelmente pois a radiação interage com componentes químicos da estrutura dentária e alteram as ligações químicas entre os elementos (RODRIGUES et al., 2018; LOPES, SOARES et al., 2018).

À partir dos resultados apresentados, foi possível também calcular razões que ilustram as relações entre os componentes inorgânicos e orgânicos, os quais trazem maiores informações sobre a estrutura do colágeno e da hidroxiapatita. A razão M:M (Matriz/Mineral) diz respeito à quantidade de matriz orgânica em relação à inorgânica, razão Amida I/Fosfato. Essa razão mostrou diferença significativa após aplicação do DFP no grupo irradiado e não irradiado, podendo estar relacionado a uma menor detecção da Amida I, pois há uma mudança estrutural do colágeno com maior precipitação de minerais após aplicação do DFP. O tratamento favorece uma reação com a hidroxiapatita e forma-se fluoreto de cálcio e sais insolúveis de fosfato de prata (CIFUENTES et al., 2023).

A razão C:F (Carbonato / Fosfato) é importante porque mostra informações sobre o conteúdo mineral na hidroxiapatita (TOLEDANO et al., 2015). Os resultados apresentaram diminuição significativa após aplicação do DFP no grupo irradiado e não irradiado, o valor do Carbonato impacta diretamente essa razão, pois apresenta um menor valor isoladamente. Ao mesmo passo, a razão amida I/amida III representa a organização do colágeno no interior de uma amostra (TOLEDANO et al., 2015) e o valor dessa razão apresentou diferença estatística após a aplicação do DFP no grupo irradiado e não irradiado, nesse sentido sugere-se que há uma reorganização na estrutura do colágeno.

O presente estudo apresenta como limitação a transferência de que os mesmos resultados seriam obtidos em um estudo clínico, desafio encontrado nos trabalhos in vitro. No entanto, demonstramos que o DFP é um produto potencial para uso de lesões cariosas relacionadas à radiação, contribuindo para aumentar a resistência à desmineralização. Os resultados do presente estudo podem corroborar para estudos

adicionais com análises biológicas, mecânicas e estudos clínicos que abordem a aplicação do DFP em pacientes irradiados cabeça e pescoço.

7. CONCLUSÃO

A aplicação do Diamino Fluoreto de Prata 38% na dentina irradiada de pacientes que passaram pela radioterapia na região de cabeça e pescoço e na dentina hígida demonstraram influenciar na composição química da estrutura. Houve diferença estatística na interação do DFP na dentina irradiada e não irradiada para o componente carbonato. A organização do colágeno também sofreu alteração após aplicação do DFP.

8. REFERÊNCIAS

1. ANDERSON, G. et al. An Updated Review on Head and Neck Cancer Treatment with Radiation Therapy. **Cancers**, v. 13, n. 19, p. 4912, 30 set. 2021.
2. BELBACHIR, K. et al. Collagen types analysis and differentiation by FTIR spectroscopy. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 395, n. 3, p. 829–837, 1 out. 2009.
3. BOHN, J. C. et al. Conformational and constitutional analysis of dental caries following radiotherapy for head and neck cancer. **Reports of Practical Oncology and Radiotherapy**, v. 26, n. 3, p. 389–399, 9 jun. 2021.
4. BURGESS, J. O.; VAGHELA, P. M. Silver Diamine Fluoride: A Successful Anticariogenic Solution with Limits. **Advances in Dental Research**, v. 29, n. 1, p. 131–134, fev. 2018.
5. CHU, C. H.; MEI, M. L.; LO, E. C. M. Use of fluorides in dental caries management. **General Dentistry**, v. 58, n. 1, p. 37–43; quiz 44–45, 79–80, 2010.
6. CIFUENTES-JIMÉNEZ, C. C. et al. Evaluation of the remineralizing capacity of silver diamine fluoride on demineralized dentin under pH-cycling conditions. **Journal of Applied Oral Science**, v. 31, p. e20220306, 27 mar. 2023.
7. CRYSTAL, Y. O.; NIEDERMAN, R. Evidence-Based Dentistry Update on Silver Diamine Fluoride. **Dental Clinics of North America**, v. 63, n. 1, p. 45–68, jan. 2019.
8. CUI, Y. et al. Ultrabroadband Light Absorption by a Sawtooth Anisotropic Metamaterial Slab. **Nano Letters**, v. 12, n. 3, p. 1443–1447, 14 mar. 2012.
9. DRISCOLL, C. O. et al. Effects of sodium hypochlorite solution on root dentine composition. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**, v. 13, n. 2, p. 219–223, 1 fev. 2002.
10. ELLIOTT, J. C. **Structure and Chemistry of the Apatites and Other Calcium Orthophosphates**. [s.l.] Elsevier, 2013.
11. Griffiths PR, de Haseth JA. Fourier Transform Infrared Spectrometry. 2007; 2nd ed. New York, NY, USA: John Wiley & Sons.

12. FURTADO MENDONÇA CASATI, M. et al. Epidemiologia do câncer de cabeça e pescoço no Brasil: estudo transversal de base populacional. **Rev. bras. cir. cabeça pescoço**, 2012.
13. HU, S.; MEYER, B.; DUGGAL, M. A silver renaissance in dentistry. **European Archives of Paediatric Dentistry**, v. 19, n. 4, p. 221–227, 1 ago. 2018.
14. JIANG, T. et al. Effects of hydrogen peroxide on human dentin structure. **Journal of Dental Research**, v. 86, n. 11, p. 1040–1045, nov. 2007.
15. KANG, D.; AMARASIRIWARDENA, D.; GOODMAN, A. H. Application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS) to investigate trace metal spatial distributions in human tooth enamel and dentine growth layers and pulp. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 378, n. 6, p. 1608–1615, mar. 2004.
16. KAWASHITA, Y. et al. Oral management strategies for radiotherapy of head and neck cancer. **The Japanese Dental Science Review**, v. 56, n. 1, p. 62–67, dez. 2020.
17. KAZARIAN, S. G.; CHAN, K. L. A. ATR-FTIR spectroscopic imaging: recent advances and applications to biological systems. **The Analyst**, v. 138, n. 7, p. 1940–1951, 7 abr. 2013.
18. LIU, Y. et al. A Fourier transform infrared spectroscopy analysis of carious dentin from transparent zone to normal zone. **Caries Research**, v. 48, n. 4, p. 320–329, 2014.
19. LIU, Y.; HSU, C.-Y. S. Laser-induced compositional changes on enamel: a FT-Raman study. **Journal of Dentistry**, v. 35, n. 3, p. 226–230, mar. 2007.
20. LOPES, C. DE C. A. et al. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) application chemical characterization of enamel, dentin and bone. **Applied Spectroscopy Reviews**, v. 53, n. 9, p. 747–769, 21 out. 2018.
21. MEI, M. L.; LO, E. C. M.; CHU, C. H. Arresting Dentine Caries with Silver Diamine Fluoride: What's Behind It? **Journal of Dental Research**, v. 97, n. 7, p. 751–758, 1 jul. 2018.
22. MILES, C. A. et al. The Increase in Denaturation Temperature Following Cross-linking of Collagen is Caused by Dehydration of the Fibres. **Journal of Molecular Biology**, v. 346, n. 2, p. 551–556, 18 fev. 2005.
23. MOORE, C. et al. Dental caries following radiotherapy for head and neck cancer: A systematic review. **Oral Oncology**, v. 100, p. 104484, jan. 2020.
24. NANCI, A. (ED.). Chapter 8 - Dentin-Pulp Complex. Em: **Ten Cate's Oral Histology (Eighth Edition)**. St. Louis (MO): Mosby, 2013. p. 165–204.

25. OTSUKA, M. et al. Chemometric evaluation of physicochemical properties of carbonated-apatitic preparations by Fourier transform infrared spectroscopy. **Journal of Biomedical Materials Research Part A**, v. 100A, n. 8, p. 2186–2193, 2012.
26. PALMIER, N. R. et al. Radiation-related caries: current diagnostic, prognostic, and management paradigms. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, v. 130, n. 1, p. 52–62, jul. 2020.
27. PEREIRA, D. L. et al. Variation on Molecular Structure, Crystallinity, and Optical Properties of Dentin Due to Nd:YAG Laser and Fluoride Aimed at Tooth Erosion Prevention. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 2, p. 433, 1 fev. 2018.
28. RODRIGUES, R. B. et al. Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength. **Clinical Oral Investigations**, v. 22, n. 2, p. 875–883, 1 mar. 2018.
29. ROHANIZADEH, R. et al. Ultrastructural properties of laser-irradiated and heat-treated dentin. **Journal of Dental Research**, v. 78, n. 12, p. 1829–1835, dez. 1999.
30. SANTOS, J. N. A. DOS et al. Análise de Reações Adversas após o Tratamento da Radioterapia em Adultos com Câncer de Cabeça e Pescoço. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 65, n. 4, p. e-12648, 2019.
31. SROUSSI, H. Y. et al. Common oral complications of head and neck cancer radiation therapy: mucositis, infections, saliva change, fibrosis, sensory dysfunctions, dental caries, periodontal disease, and osteoradionecrosis. **Cancer Medicine**, v. 6, n. 12, p. 2918–2931, 2017.
32. SUZUKI, T. et al. Effects of diammine silver fluoride on tooth enamel. **The Journal of Osaka University Dental School**, v. 14, p. 61–72, set. 1974.
33. TERUEL, J. DE D. et al. Comparison of chemical composition of enamel and dentine in human, bovine, porcine and ovine teeth. **Archives of Oral Biology**, v. 60, n. 5, p. 768–775, maio 2015.
34. TOLEDANO, M. et al. Functional and molecular structural analysis of dentine interfaces promoted by a Zn-doped self-etching adhesive and an in vitro load cycling model. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 50, p. 131–149, out. 2015.
35. TSANG, P. W. Y. et al. A medical approach to the diagnosis and treatment of dental caries. **AHIP Coverage**, v. 47, n. 2, p. 38–42, 2006.
36. WASKEVICZ, L.; WASKEVICZ, C.; NASCIMENTO, V. A. S. DO. Câncer de Cabeça e Pescoço: diagnóstico e qualidade de vida. **Revista de Saúde**, v. 14, n. 3, p. 44–51, 30 nov. 2023.

37. XU, C.; WANG, Y. Chemical composition and structure of peritubular and intertubular human dentine revisited. **Archives of Oral Biology**, v. 57, n. 4, p. 383–391, 1 abr. 2012.
38. ZIEBA-PALUS, J.; KUNICKI, M. Application of the micro-FTIR spectroscopy, Raman spectroscopy and XRF method examination of inks. **Forensic Science International**, v. 158, n. 2–3, p. 164–172, 10 maio 2006.