

GISELE LEITE RUVIARO

**AVALIAÇÃO DA DESMINERALIZAÇÃO DENTÁRIA POR MEIO DA
DENSIDADE ÓPTICA E DIFRAÇÃO DE RAIOS X EM DENTES
SUBMETIDOS A CLAREAMENTO EXÓGENO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo curso de Pós-Graduação em BIOPATOLOGIA BUCAL, Área de Radiologia Odontológica.

GISELE LEITE RUVIARO

**AVALIAÇÃO DA DESMINERALIZAÇÃO DENTÁRIA POR MEIO DA
DENSIDADE ÓPTICA E DIFRAÇÃO DE RAIOS X EM DENTES
SUBMETIDOS A CLAREAMENTO EXÓGENO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo curso de Pós-Graduação em BIOPATOLOGIA BUCAL, Área de Radiologia Odontológica.

Orientador: Profa. Dra. Mari Eli Leonelli de Moraes

São José dos Campos

2007

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:

Bellini AB. Manual para elaboração de monografias: estrutura do trabalho científico. São José dos Campos: FOSJC/UNESP; 2006.

Ruviaro, Gisele Leite

Avaliação da desmineralização dentária por meio da densidade óptica e difração de raios X em dentes submetidos a clareamento exógeno/Gisele Leite Ruviaro; orientador Mari Elí Leonelli de Moraes. __ São José dos Campos, 2007.

81 p.; IL.

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biopatologia Bucal, área e Concentração em Radiologia) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2007.

1. Densidade óptica – 2. Clareamento dentário – 3. Esmalte dentário – 4. Difração de raios X

AUTORIZAÇÃO

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

São José dos Campos, 25/07/2007

Assinatura:

E-mail: gisele_ruviaro@ig.com.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

Ruviaro GL. Avaliação da desmineralização dentária por meio da densidade Óptica e difração de raios X em dentes submetidos a clareamento exógeno [Dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP; 2007.

São José dos Campos, 25 de Julho de 2007.

Banca examinadora

1) Prof. Associado Cláudio Fróes de Freitas
Departamento de Estomatologia
Faculdade de Odontologia de São Paulo – USP.

2) Profa. Dra. Valéria Abrantes Pinheiro Carvalho
Departamento de Biociências e Diagnóstico Bucal
Faculdade Odontologia de São José dos Campos – UNESP.

3) Profa. Dra. Mari Elí Leonelli de Moraes
Departamento de Diagnóstico e Cirurgia
Faculdade de O
Odontologia de São José dos Campos - UNESP.

Dedicatória

Ao meu marido Evandro, aos meus pais Joel e Seila, ao meu irmão Luciano e a toda a minha família e amigos que compartilharam com a realização desse ideal.

Agradecimentos

A DEUS

Que iluminou todos os meus caminhos e permitiu que esta caminhada fizesse parte de minha vida, acompanhando-me em todos os momentos.

AO MEU MARIDO

Evandro, pelo amor, carinho e paciência.

AOS MEUS PAIS

Joel e Seila , pela compreensão e incentivo.

À MINHA FAMÍLIA

Agradeço ao meu irmão Luciano,a minha cunhada Camila, aos meus avos, aos meus tios e primos que me incentivaram durante esta caminhada.

À MINHA ORIENTADORA

Professora Dra. Mari Eli Leonelli de Moraes, pela idealização e realização deste trabalho, que faz parte de um sonho que compartilhamos juntas. Agradeço também pela compreensão, incentivo não só durante o curso, mas durante os anos de convivência.

AOS PROFESSORES DA DISCIPLINA DE RADIOLOGIA

Professor Luiz César de Moraes, professor Edmundo Médici Filho,
Professor Júlio César de Melo Castilho, que me ajudaram a dar continuidade
a este trabalho, pelo apoio, amizade e incentivo durante o curso.

AOS PROFESSORES CLÁUDIO FREITAS E MARLENE FENYO

Pela amizade, carinho, atenção no decorrer destes anos de convivência e
pelo incentivo durante a realização deste curso.

AO PROFESSOR NELSON BAPTISTA E AO TÉCNICO RENÊ

Pelo acesso as dependências do IPEN/USP no momento da realização da
difração de raios X e pela dedicação, atenção, orientação, meu sincero muito
obrigada.

ELIANA E CONCEIÇÃO

Muito obrigada pela amizade e paciência que tiveram comigo durante o
curso.

À DIRETORA TÉCNICA DA BIBLIOTECA ÂNGELA DE BRITO BELINNI

Muito obrigada pela sua competência na tarefa de revisar este trabalho.

ÀS SECRETÁRIAS DA PÓS-GRADUAÇÃO

Rosemary, Erena e Cida, muito obrigada pela disposição nas orientações
para complementação deste trabalho.

AOS AMIGOS

Carola, Myrna, Rafaela, Ana Cláudia, Carolina Porto, Priscila Máximo, Lorraine, Milton, Luis Roberto, Fernanda Gonzaga, Letícia Albergaria, Melissa, Alessandra, Priscila, Eliane Ramos, Deise, Maria do Carmo, Gisela Crippa, Álvaro, agradeço a compreensão, apoio, amizade e incentivo.

AOS COLEGAS

Elaine Felix, Márcia, Gustavo Dotto, Patrícia Dotto, Aline Morossoli, Cleber Frigi, Lawrence, Luciano, Roque, Wilton, Patrícia, Daniela, Deybi, Evelise, Jefferson Tanaka, Breno, agradeço a convivência durante este período.

A BANCA EXAMINADORA

Muito obrigada, por terem aceitado participar da Banca Examinadora desse trabalho. A presença de vocês, certamente abrilhantou esse momento.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
LISTA DE FIGURAS	12
RESUMO	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Clareamento Dentário	17
2.1.1 Mecanismo de ação dos agentes clareadores	21
2.2 Radiografia digital e densidade óptica radiográfica.....	22
2.3 Difração de raios X	26
2.4 Métodos de avaliação estrutural do esmalte dentário.....	35
3 PROPOSIÇÃO	41
4 MATERIAL E MÉTODO	42
4.1 Amostra	42
4.2 Material	42
4.3 Método	44
4.3.1 Limpeza dos dentes e padronização da amostra	44
4.3.2 Radiografias digitais diretas	47
4.3.3 Avaliação da densidade óptica radiográfica	49
4.3.4 Avaliação dos componentes e estrutura do esmalte por meio da difração de raios X	50
5 RESULTADO	53
6 DISCUSSÃO	63
7 CONCLUSÕES	69
8 REFERÊNCIAS	70
ANEXOS	80
ABSTRACT	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA = Analysis of Variance

CCD = Charge Coupled Device

CO₂ = Dióxido de carbono

DNA = ácido desoxirribonucléico

FOSJC = Faculdade de Odontologia de São José dos Campos

G = grama

GHz = Giga hertz

H₂O = água

H₂O₂ = peróxido de hidrogênio

JPEG = Joint Photographic Experts Group

kV = Quilovoltagem

kVp = quilovoltagem/pico

mA = Miliampere

MEV = Microscopia eletrônica de varredura

ml = mililitros

mm = milímetro

mm² = milímetro quadrado

O₂ = oxigênio

pixel = Picture element

Ppm = Parte por milhões

RVG = Radiovisiography

SNR (signal-to-noise ratio)

TIFF = Tagged Interchange Format File

UNESP = Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”

$\mu\text{g}/\text{mm}^2$ = microgramas por milímetros quadrado

μl = microlitro

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Arranjo cristalino	23
FIGURA 2 – Representação de difração (Azevedo)	29
FIGURA 3 – Preparo dos dentes: a) limpeza dos dentes com escova de Robson em baixa rotação; b) inclusão da porção radicular em resina acrílica quimicamente ativada para padronização; c) blocos armazenados em água Miliq Padronização para aplicação do agente clareador: d) face palatina escolhida como grupo controle; e) agente clareador; f) face vestibular - área de esmalte exposto onde agiu o agente clareador	45
FIGURA 4 – Sistema Radiovisiography; a) Sensor CCD com posicionamento da amostra; b) posicionamento radiográfico e c) imagem digital captada pelo sensor	48
FIGURA 5 - Imagem captada pelo sensor com software Trophy Windows versão 5.0.	48
FIGURA 6 – Software Adobe Photoshop. Ferramentas localizadas na coluna à esquerda e Histogram à direita.	50
FIGURA 7 – a) difratômetro de raios X; b) posicionamento da amostra visão superior	51
FIGURA 8 - Gráfico de Probabilidade Normal	53
FIGURA 9 – Média e Desvio Padrão para os dados de distribuição dos níveis de cinza nos grupos clareado e não clareado.	55
FIGURA 10 - Média dos dados de distribuição dos níveis de cinza nas imagens radiográficas, considerando os diferentes intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte.	56
FIGURA 11 – Média e desvio padrão dos grupos em relação ao tempo de aplicação do agente clareador em esmalte	58
FIGURA 12 - Média e desvio padrão dos grupos em relação ao tempo de aplicação do agente clareador em esmalte	59
FIGURA 13 – Gráfico de médias para os dados da interação entre os intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte e os diferentes grupos	60
FIGURA 14 – Espectro difração de raios X; a) face clareada; b) face não clareada	60

FIGURA 15 – Análise Química por Fluorescência de raios X demonstrando os elementos químicos do esmalte dentário na face não clareada	61
FIGURA 16 – Análise Química por Fluorescência de raios X demonstrando os elementos químicos do esmalte dentário na face clareada	62

Ruviaro GL. Avaliação da desmineralização dentária por meio da densidade óptica e difração de raios X em dentes submetidos a clareamento exógeno [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2007.

RESUMO

É objetivo neste trabalho avaliar a possibilidade da desmineralização dentária em 50 dentes pré-molares humanos quando submetidos a clareamento exógeno por meio da densidade óptica radiográfica e verificar se houve ou não mudança estrutural do esmalte dentário por meio da difração de raios X. Para tanto os elementos dentários foram radiografados com o sistema digital direto RVG (Trophy, Vicennes, França) e avaliados quanto à densidade óptica radiográfica pelo programa de edição de imagens Adobe Photoshop 7.0. Os mesmos foram analisados por difração de raios X obtendo-se o resultado em forma de espectro. Os dados da densidade radiográfica foram submetidos à análise estatística Anova e teste T-student. Pelos resultados obtidos verificou-se que os valores de densidade óptica diferiram entre os intervalos inicial, 7 dias e 14 dias da aplicação do agente clareador ($p=0,001$). Foi possível concluir que a variação nos intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte dentário têm influência sobre os valores de densidade óptica das imagens radiográficas iniciais, 7 dias e 14 dias e que este método possibilitou avaliar a progressão da perda mineral em esmalte dentário. A difração de raios X mostrou que não houve mudança estrutural do esmalte dentário, embora tenha havido perda dos componentes inorgânicos caracterizando exposição de uma camada mais cristalina na superfície do esmalte.

PALAVRAS-CHAVE: Clareamento de dentário; densidade óptica; esmalte dentário; difração de raios X.

1 INTRODUÇÃO

Embora o clareamento dentário tenha se tornado uma técnica muito usada na prática odontológica, tentativas por um procedimento clínico mais conservador ainda têm sido investigadas⁸³. Apesar dos avanços alcançados até o presente momento, alguns efeitos não desejáveis ainda podem ser notados na estrutura dentária em virtude da aplicação do material clareador^{89 e 78}. Estudo recente tem demonstrado que essas alterações na superfície da estrutura dentária podem ser observadas por meio de experimentos tanto *in vitro* quanto *in vivo*⁶⁷.

Uma das alterações visíveis que um elemento dentário pode sofrer é a mudança de cor. Baratieri⁸ apresenta tais causas destas alterações,

“As alterações de cor ou manchas podem estar localizadas sobre o dente (manchas extrínsecas) ou no íntimo da estrutura dentária (manchas intrínsecas). As alterações extrínsecas geralmente são adquiridas do meio após a irupção do dente, e são o resultado da precipitação superficial de corantes e pigmentos da dieta sobre a placa bacteriana e/ou sobre a película adquirida que reveste o esmalte. As manchas intrínsecas podem ser provenientes de muitos fatores, tanto pré quanto pós-eruptivo. Nos dentes vitais, o escurecimento pode ser natural (dentes amarelados ou acinzentados desde sua erupção), fisiológico (dentes que sofreram um processo de escurecimento fisiológico natural) ou provocado pela ingestão excessiva de alguma substância (antibióticos e fluoretos)”.

Em decorrência das causas apontadas por Baratieri⁸, houve um aumento da procura das técnicas de clareamento dentário. Estes são métodos efetivos para branqueamento dos elementos dentários, porém deve-se levar em consideração os efeitos adversos provenientes desse procedimento, sendo por isso um foco de preocupação do cirurgião-dentista. Acima de tudo, os produtos usados na prática dentária deveriam preservar e proteger os tecidos do ambiente bucal. Goldestein e Garber indicam que deveria haver preocupação quanto a seguranças do clareamento quando usada em tratamento prolongado⁴⁵.

Para melhor entendimento do mecanismo de ação do clareamento exógeno faz-se necessário saber a constituição do esmalte dentário, pois é a estrutura que reveste a coroa dentária e é representado por 95% de minerais e 5% de água e matriz orgânica. Em volume essa relação fica na ordem de 86% de minerais, 2% de material orgânico e 12% de água. Sua superfície resiste a grandes agressões mecânicas por sua elevada concentração mineral e a sua estrutura cristalina⁹⁸.

Uma das formas de avaliação dentária é pelo exame radiográfico. A imagem digital mostra o avanço tecnológico que proporcionou a interpretação mais minuciosa o diagnóstico complementar mais caracterizado, minucioso e comparativo. É de grande valia não só no sucesso do tratamento como no controle e detecção precoce da perda de conteúdo mineral do elemento dentário^{30 e 64}.

A mensuração da densidade óptica é uma ferramenta oferecida pelo sistema digital e pelos programas de edição de imagens. São usadas para detectar medidas precisas dos tons de cinza que compreende em uma escala de 256 valores. O olho humano é capaz de distinguir 32 tons de cinza³⁶, sendo por este motivo a maior precisão dos referidos sistemas.

O outro método de avaliação da constituição do elemento dentário e conseqüentemente do esmalte é a difração de raios X, este avalia tanto materiais orgânicos como inorgânicos.

Pelos fatos abordados acima, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade constante que se tem de aferir de maneira clara e objetiva os valores relacionados com as densidades do esmalte dentário submetidos a clareamento dentário exógeno, quando da utilização de novos recursos tecnológicos, como é o caso da radiografia digital, densidade óptica radiográfica e complementada pela difração de raios X para a verificação da constituição do esmalte.

* Barros A. Engenharia de Materiais pela EPUSP. (www.comciencia.br). Atualizado 10/05/2001. Acessado 01/04/2007.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Clareamento dentário

A preocupação com a estética dentária leva pacientes com mínimas alterações de cor em seus dentes aos consultórios odontológicos a procura de um tratamento eficaz. Essa ansiedade demonstra a grande importância dada pelas pessoas ao seu sorriso¹⁴.

Historicamente o primeiro relato de clareamento dentário, foi realizado em dentes não vitais por Truman no ano de 1864. O clareamento de dentes vitais com o peróxido de carbamida foi realizado por um ortodontista em 1960 que ministrava aos seus pacientes um anti-séptico que continha peróxido de carbamida 10%, porém a descoberta foi pouco difundida^{25 e 50}.

As alterações de cor por manchamento podem ser classificadas em extrínsecas e intrínsecas, dependendo de sua localização e da etiologia. Geralmente, as alterações extrínsecas ocorrem após a atrição e deposição de substâncias pigmentadas sobre a superfície dentária. Substâncias que contenham corantes em sua composição, como por exemplo, café, chá, refrigerantes corados, cigarro, vinho tinto, placa bacteriana (bactérias cromogêneas) podem acarretar esse tipo de alteração^{2 e 8}.

As manchas também podem ser causadas por iatrogenias, ou seja, por material e medicamentos endodônticos deixados na câmara pulpar. A desmineralização por ação cariogênicas e amálgama podem causar alterações de cor do esmalte e da dentina. A necrose pulpar altera a coloração normal do dente pela desintegração dos tecidos conjuntivos da polpa saudável. A cor do dente é dada em grande parte pela cor da dentina. Por esse motivo sempre que houver a alteração na

sua cor, ou na sua espessura, a coloração dentária será alterada. Um exemplo disso é a mineralização da dentina pela obliteração dos canalículos dentinários, causada pela abrasão do esmalte dentário⁷¹.

Os dentes sofrem um processo de escurecimento fisiológico devido à obliteração normal e gradual dos túbulos dentinários. Isso faz com que esses túbulos, observados mais amplos em pacientes jovens, tornem-se cada vez mais obliterados, alterando a coloração dentária inicial. Assim, a idade cronológica do paciente é um fator que pode causar alteração da cor dentária, pela transparência da dentina, e ainda pode ser exacerbada devido ao desgaste fisiológico do esmalte e à diminuição do volume pulpar⁷¹.

As alterações intrínsecas são resultados da presença de substâncias cromogênicas no interior dos tecidos dentários mineralizados. As fontes causadoras são as mais diversas e entre elas as mais comuns são: trauma dentário, desgaste fisiológico do esmalte, a administração de tetraciclina, fluorose, má formação dos tecidos dentários e desordens hematológicas⁷.

Segundo Ribeiro et al.⁷¹

“As descolorações intrínsecas têm os pigmentos incorporados na intimidade da estrutura dentária. Esses fatores estão relacionados a alterações causadas no germe dentário em formação, podendo ocorrer entre o quarto mês de vida uterina e o décimo mês de vida na dentição decídua e do sétimo mês até o oitavo ano de vida na dentição permanente. As alterações mais comuns são:
a) amelogenese Imperfeita ou Displasia Hereditária do esmalte: pode ser dividida em três tipos em função da etapa formativa do esmalte em que este é afetado - deposição de matriz orgânica, mineralização e maturação. Produz uma alteração em todos os dentes de ambos os arcos dentários em grau variado e clinicamente mostra a deficiência da formação do esmalte em toda a sua espessura

ou com microdureza reduzida. A variação de cor vai do amarelo ao marrom e a textura pode ser alterada com aspecto cretáceo. De modo geral, pode-se ter o esmalte menos mineralizado ou ter menos esmalte e este se apresentar com manchas;

b) dentinogênese Imperfeita: alteração ocorrida no período de formação do tecido dentinário, modificando-o, causando manchas que podem variar de cinza ao castanho. Pode haver perda precoce do esmalte em consequência de fraturas;

c) fluorose: é causada pela ingestão de flúor, causando manchas que podem ser brancas, cinza ou amarelas. Acredita-se que a alta concentração de flúor causa alterações no metabolismo dos ameloblastos, resultando em uma matriz deficiente e de mineralização inadequada, que ao exame histopatológico mostra a subsuperfície de esmalte hipomineralizada sob uma camada bem mineralizada. Ocorre geralmente quando há ingestão maior de 1 ppm diária na fase de formação dentária, ou seja, dos quatro meses de gestação até o oitavo ano de vida;

d) hipoplasia de esmalte: quando generalizada, pode representar a amelogênese imperfeita na fase de calcificação do esmalte; quando causada por fatores ambientais, pode envolver poucos dentes e estar relacionada principalmente a deficiências nutricionais, doenças exantemáticas, sífilis congênita, trauma, infecção, ingestão de substâncias químicas (fluoretos), ou causas idiopáticas. A alteração só aparece quando a injúria ocorre na época de desenvolvimento dos dentes e o tratamento vai depender do grau de severidade clínica;

e) tetraciclina: esse tipo de alteração da cor do dente se dá pela ingestão do medicamento em questão no período de formação dentária, sendo por isso contra indicado seu uso, às mães, desde a vida intra-uterina até que todos os dentes da criança estejam completamente formados. O grau de formação de pigmentos dentários depende da duração e da dosagem ingerida da substância e também do desenvolvimento (idade) do paciente, sem falar na variação farmacológica dessa classe de antibióticos. O provável mecanismo pelo qual as moléculas de tetraciclina se unem à dentina envolve

a quelação com cálcio, formando o orto-fosfato de tetraciclina, principal causador de alteração na cor dentária nestes casos. Esta cor é classificada de acordo com a intensidade dos graus que variam de I a IV, segundo Jordan e Boksman, onde o grau I apresenta uma coloração de amarelo claro a cinza claro sem apresentação de faixas. O grau II representa o grau I um pouco mais intenso; o grau III apresenta uma coloração de cinza escuro a azul com formação de faixas e o grau IV representa o grau III em uma maior intensidade, tornando o elemento dentário muito escuro. Se as manchas forem de grau I e II podem ser tratadas com clareamento externo, porém, se forem de grau III e IV pode-se tentar uma associação de tratamento clareador mediato e imediato com procedimentos restauradores (Quadro 1).”

Quadro 1 – Classificação do manchamento por tetraciclina⁷¹

Classificação do Manchamento por Tetraciclina em graus de I a IV segundo Jordan e Boksman	
Classificação	Coloração Dentária
Grau I	Coloração clara uniformemente distribuída na coroa dental (amarelo, castanho ou cinza)
Grau II	Coloração uniforme mais escura
Grau III	Coloração cinza-escuro ou azul-escuro, com a formação e faixas (bandas), principalmente no 1/3 cervical, resistentes ao tratamento clareador isolado.
Grau IV	Coloração extremamente escurecida e resistente que normalmente não responde ao tratamento clareador somente

A cor de qualquer objeto está relacionada à quantidade de luz que é absorvida e refletida⁸. A formação de cadeias moleculares longas e complexas no interior da estrutura dental é responsável pelo aumento do índice de absorção de luz pelo elemento dentário⁶¹.

O clareamento dentário consiste na degradação de moléculas de maior peso molecular que refletem determinado

comprimento de onda de luz pelo dente, que o faz parecer estar escurecido⁴⁰.

O clareamento ocorre graças à permeabilidade da estrutura dentária e a capacidade de difusibilidade dos agentes clareadores⁵³.

Com o decorrer do tratamento, o agente clareador sofre uma diminuição drástica do seu potencial de ação, o denominado ponto de saturação, onde pode ocorrer perda estrutural devido à conversão em dióxido de carbono da água da estrutura clareada, diminuindo sua microdureza. O clínico deve saber quando está diante desse ponto para cessar o processo e minimizar a perda estrutural que daí por diante será maior do que qualquer ganho em termos de clareamento, o que ocorre em até seis semanas⁷¹.

2.1.1 Mecanismo de ação dos agentes clareadores

As soluções de peróxido de carbamida são extremamente instáveis na cavidade oral e imediatamente se dissociam em peróxido de hidrogênio e uréia. O peróxido de hidrogênio, que é um forte agente oxidante¹⁸, por sua vez se degrada em oxigênio e água enquanto a uréia se degrada em amônia e dióxido de carbono^{17, 44, 51, 73 e 93}.

Os radicais livres (O_2) gerados nessas reações químicas de oxidação e redução, quebram as grandes moléculas que são convertidas em moléculas cada vez menores sendo eliminadas por difusão na intimidade do elemento dentário⁵¹.

Os agentes clareadores possuem em suas formulações, além do princípio ativo, os peróxidos, um composto denominado carbopol, que é um ácido poliacrílico de composição química $C_3H_4O_2$ ⁶² e está incorporado nos clareadores com a finalidade de diminuir a viscosidade do produto, aumentar a aderência do gel aos tecidos além de propiciar a

liberação mais lenta do oxigênio nascente devido à inibição da peroxidase salivar, enzima responsável pela degradação do gel, elevando de uma hora para cerca de quatro horas a liberação total de oxigênio, além de melhorar a aderência do material clareador aos tecidos⁵⁴. Os grandes inconvenientes do carbopol são: aumento da sensibilidade (por ser ácido e por potencializar a ação do gel) e toxicidade, não devendo ser ingerido⁷¹.

O esmalte dentário tem pH entre 5,2 e 5,8, apresentando possibilidade de desmineralização, e a dentina tem pH entre 6,0 e 6,8. O pH dos agentes clareadores caseiros varia usualmente entre 4 a 7 e a indicação dos géis de peróxido de carbamida durante quatro a oito horas por dia pode causar alterações estruturais do esmalte, da dentina e do cimento, diminuindo sua microdureza e possibilitando perdas estruturais. O tempo de utilização do gel por até quatro horas por dia proporciona remineralização pelo contato com a saliva no resto do dia, e a uréia tem a função de se quebrar em amônia e dióxido de carbono, que são responsáveis por colaborar com a neutralização do pH da placa minimizando esses efeitos sem, no entanto, perder a efetividade. Mesmo diante de um gel com carbopol a maior liberação de oxigênio se dá nas primeiras quatro horas⁷¹.

2.2 Radiografia digital e densidade óptica radiográfica

A radiografia digital foi lançada no mercado em 1987 pela Trophy Radiologie, uma empresa francesa, e chamava-se radiovisiografia. Ao invés do filme radiográfico, este sistema possuía um detector para captar imagens intraorais, cujo projeto e desenvolvimento teve início em 1983 no Departamento de Radiologia Oral da Universidade de Umea. Em 1986, foi iniciada a construção de um protótipo do aparelho pela Reagam

System AB, estando completo em 1988. Baseando-se neste protótipo a Reagam lançou, em 1991, o aparelho Sens-A-Ray⁹⁰.

Com advento da informática e de programas de imagem, é possível avaliar as áreas do filme radiográfico em toda a sua extensão, desde que sejam reproduzidas digitalmente, transformando os dados numéricos originais analógicos em pequenos quadrados ou retângulos que denominamos *pixels* (menor elemento constituinte de uma imagem), sendo que, o número de tonalidades de cinza (contraste) e o tamanho dos *pixels* (resolução espacial) determinam a resolução da imagem digital³⁷.

Na fotodensitometria obtemos as densidades ópticas, que se refere à passagem de luz pela radiografia, também avaliada como transmitância, enquanto que na radiografia digital temos a *densidade radiográfica*, porque os pixels já têm seus tons de cinza determinados, fornecendo diretamente os valores na escala de 0 a 255³⁶.

A faixa dinâmica ou número de tons de cinza normalmente utilizado é 256. Com isso, cada pixel é codificado na memória do computador como um *byte*, o qual é 8 *bits*. O preto corresponde ao 0 e o branco ao 255. Um grande número de valores de pixel é conseguido com 12, 16 ou 32 *bits* por pixel, mas, com isso, também requer mais memória para gravar a imagem⁴⁸.

Tavano et al.⁸⁶ confirmaram,

“Que a obtenção da densidade radiográfica pode ser substituída pelo método digital utilizando-se um programa de imagem. Num experimento utilizando tiras sensiométricas de filmes radiográficos, os autores concluíram que a densidade óptica obtida pelo método convencional com o fotodensitômetro (MRA) e a densidade radiográfica obtida pelo programa Adobe Photoshop 5.0, podem ser utilizadas na clínica radiológica no controle de qualidade para a verificação da atividade sem soluções processadoras, visto que houve grande correlação estatística entre os valores das mesmas, com um nível de confiança de

95% para todos os processamentos. Concluíram ainda que as leituras das tiras realizadas com fotodensitômetro podem ser substituídas pelas leituras digitalizadas com a vantagem de ser mais objetiva e de diminuir o tempo para obtenção dos dados de densidade radiográfica.”

O histograma é uma representação gráfica da distribuição dos tons de cinza em uma imagem. Para tal é necessário contar o número de vezes que um determinado tom de cinza aparece na imagem. Pode ser representado na forma de uma linha, representando o percurso dos valores de cinza em uma imagem, o que é muito útil para determinar as diferenças de densidade entre as estruturas pobres em brilho⁶⁵.

Sensores de imagem radiográfica digital operam tipicamente sob baixas doses de radiação X em condições onde SNR (signal-to-noise ratio), ou seja, a proporção de ruído no sinal, é um dos mais importantes parâmetros da imagem. A SNR geralmente é definida como a relação entre a fração de uma variável de produção que está relacionada com a informação para a interpretação e a fração de uma variável de produção que carrega informação útil para interpretação. É definida como a relação entre o valor de cinza associado com a mudança em massa (sinal) e as variações no fundo (ruído). O sinal é avaliado nas imagens medindo a diferença em níveis de cinza entre a imagem de interesse e o fundo. O ruído é definido como as variações no fundo, sendo calculado do desvio padrão dos valores cinza em uma área imediatamente adjacente para a região de interesse⁵.

As imagens digitais podem ser armazenadas em vários formatos, sendo que atualmente, as companhias fabricantes desses sistemas tanto em Odontologia como na Medicina tem dado preferência para o armazenamento e transferência da imagem radiográfica digital utilizando os formatos mais comuns: *jpeg, *tiff, *bmp e *gif³².

O pesquisador necessita muitas vezes quantificar valores que pelo método visual poderiam ser somente qualificados, levando

muitas vezes a dúvida no momento da elaboração da hipótese de diagnóstico. Com a digitalização tornou-se possível mensuração e quantificação dos coeficientes de atenuação equivalentes às densidades radiográficas pela aplicação de programas para tratamento de imagens, oferecendo aos dentistas visualizar mais detalhes úteis para a interpretação com maior precisão que com imagens de filme, pois as imagens radiográficas digitais têm mais dados que nossos olhos podem ver³².

A perda do conteúdo mineral dos tecidos duros do dente ou em sua superfície cria as condições ideais para sua detecção radiográfica. As diferenças no contraste radiográfico resultante da quantidade de fótons que ultrapassam os tecidos dentários nos permitem avaliar a anormalidade na continuidade tecidual em esmalte e dentina, sendo possível detectar mínimas alterações, não visíveis pelo olho humano na radiografia convencional²⁹.

Reddy⁷⁰ afirma:

"Uma das vantagens que podem ser atribuídas à técnica radiográfica digital comparadas ao método convencional é a visualização de alterações ósseas que envolvam apenas 5% do tecido, enquanto as radiografias convencionais essas alterações só podem ser observadas para valores de 30 a 60%, ou seja, quando já houve perda de 30% do tecido mineralizado."

Costa et al.²¹ analisaram os valores em tons de cinza para esmalte, dentina e polpa por meio da leitura em dois programas de computador, demonstrando que softwares não específicos para Odontologia apresentavam resultados semelhantes aos encontrados em programas específicos, viabilizando a utilização em larga escala para estudos de densidades.

2.3 Difração de Raios X

O esmalte dentário é uma forma de estrutura protetora, de espessura variável que recobre a superfície total da coroa anatômica, cuja função é constituir uma capa resistente para os dentes, tornando-os adequados para a mastigação. Devido ao seu alto conteúdo de sais minerais, cerca de 96% de material inorgânico e 4% de substância orgânica e água, além de seu arranjo cristalino, o esmalte é o tecido mineralizado mais resistente do organismo¹.

O cristal ideal é constituído pela repetição infinita de uma mesma estrutura elementar. Esta repetição tridimensional nos cristais é devida à coordenação atômica no interior do material; adicionalmente, esta repetição, algumas vezes, controla a forma externa do cristal. A estrutura de todos os cristais pode ser descrita em termos de uma rede com um grupo de átomos ligados a cada ponto da rede. Este grupo é denominado base; ele se repete no espaço para formar a estrutura cristalina. Portanto, se conhecermos a estrutura das células unitárias que se repetem, podemos descrever a estrutura do cristal⁹¹.

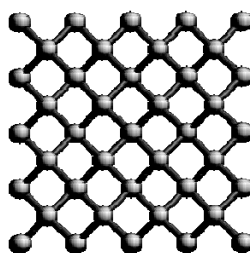


FIGURA 1 – Arranjo cristalino⁶

Vlack e Hall⁹¹ afirmam também que as propriedades dos materiais dependem do arranjo de seus átomos. Estes arranjos podem ser classificados em: estruturas moleculares, isto é, agrupamento de

átomos; estruturas cristalinas, ou seja, um arranjo repetitivo de átomos e estruturas amorfas, sem nenhuma regularidade.

Segundo Freitas et al.⁴¹

“Com os trabalhos de Rutherford e Bohr, sabemos que o átomo é constituído de um núcleo central, portador de carga positiva, os prótons e de outras partículas, nêutrons, destituídas de cargas elétricas, possuindo massa e em torno do qual gravitam, em movimento vibratório, outras partículas - os elétrons que possuem carga negativa. O número de prótons no núcleo está em relação constante com o mesmo número de elétrons nas camadas orbitais havendo, portanto, um equilíbrio elétrico. Os elétrons gravitam ao redor do núcleo, em determinados níveis de energia, sendo estas trajetórias descritas e representadas graficamente como orbitais camadas ou bandas. Os orbitais ou camadas estão espaçadas em distâncias definitivas, a partir do núcleo, sendo designadas do centro para a periferia, pelas letras K, L, M, N, O, P, Q, não havendo elemento químico com mais de sete orbitais.”

A interação dos elétrons com os átomos provoca transições eletrônicas que envolvem orbitais internos. Os fótons emitidos nestas transições constituem os raios X característicos cujas frequências são típicas do elemento emissor⁷⁵.

Para remover um elétron de uma determinada camada é necessário uma energia que exceda a força de atração exercida pelo núcleo. Isto é conhecido como energia de ligação do elétron e é específica para cada camada, sendo também diferente em cada átomo. Esta energia de ligação é maior nas camadas mais internas, diminuindo progressivamente à medida que as camadas afastam-se do núcleo. Os elétrons podem ser removidos de átomos por aquecimento ou interação

com fótons (raios X). As camadas mais internas (K, L, M), são fortemente ligadas e somente raios X, raios gama, partículas de alta energia podem remover elétrons, ao contrário das camadas mais externas, onde fótons de baixa energia, como ultravioleta ou luz visível, podem retirar elétrons⁴¹.

Freitas et al.⁴¹ afirma

“A interação dos raios X com a matéria é dada quando a intensidade de um feixe de raios X (número de fótons por unidade de tempo) é reduzida pela interação com a matéria encontrada na sua trajetória. Esta atenuação é o resultado de interações de fótons individuais com átomos das estruturas absorventes. Os fótons serão atenuados por absorção (conversão de sua energia cinética para energia cinética dos elétrons absorventes) e espalhamento (radiação secundária) de fótons de raios X para fora da estruturas absorventes, resultantes de interações com átomos componentes.

Em radiodiagnóstico, três mecanismos devem ser considerados:

- a) dissipação não modificada; coerente ou Thompson: neste mecanismo a energia do fóton incidente é menor do que a energia de ligação dos elétrons. Neste processo que é também conhecido como espalhamento coerente, o fóton incidente interage com um elétron (das camadas mais externas) vibrando-o momentaneamente, deixando de existir. O elétron interagido emite energia em forma de um fóton, com a mesma energia e frequência do fóton incidente, sendo que em direções diferentes. Nesta interação não há perda de energia, apenas deflexão do fóton incidente. Haveria uma absorção aparente não verdadeira, devido ao espalhamento (dispersão) dos novos fótons. Este tipo de interação é de pouca importância na interpretação de imagens, devido aos baixos níveis de energia envolvidos, produzindo pouco véu.
- b) absorção ou efeito fotoelétrico: a absorção fotoelétrica ocorre quando a energia do fóton

incidente é igual ou ligeiramente superior à energia de ligação do elétron. O fóton incidente colide com um elétron das camadas mais internas (80% na camada K), geralmente de absorventes médios; o elétron sendo removido o fóton deixa de existir. O átomo torna-se ionizado, pois perdeu um elétron. Este elétron ejetado passa a chamar-se foto-elétron, e pode caminhar a curta distância no absorvente até dissipar sua energia, que é baixa. Como consequência, toda energia do fóton incidente é depositada no absorvente. Isto é bom para o profissional, mas pernicioso para o paciente devido à exposição da radiação sobre sistemas biológicos. Concomitantemente durante a interação, a vacância ocorrida pela retirada do elétron é preenchida por elétrons de orbitais mais externas, com a produção de radiação característica, também conhecida como radiação secundária, sendo emitida em todas as direções, mas absorvida pelo meio. Cerca de 50% de fótons absorvidos em radiologia odontológica são devidos à absorção fotoelétrica;

- c) dissipação modificada ou efeito Compton: a dissipação modificada ou efeito Compton ou ainda espalhamento incoerente, ocorre quando a energia do fóton é superior à energia de ligação dos elétrons. Este processo envolve elétrons das camadas mais externas dos átomos e elétrons fragilmente ligados de átomos de baixo número atômico (tecidos moles). Parte da energia do fóton é usada para remover o elétron e a restante é possuída pelo fóton, que continua em direção diferente. O elétron retirado passa a chamar-se elétron Compton (elétron de refluxo) e irá interagir com o meio até ceder toda a sua energia, o que chamamos de radiação espalhada, apresentando um comprimento de onda maior que o da radiação incidente, devido à transferência do fóton para o elétron. O fóton desviado em regiões diferentes podendo provocar “véu” nas radiografias também sendo uma desvantagem para o profissional.”

Experimentalmente encontra-se que a radiação espalhada pelos materiais consiste em duas partes. A primeira parte é caracterizada quando os raios X colidem com os átomos fazendo com que os elétrons oscilem sobre o núcleo formando um campo eletromagnético. A frequência dessa oscilação é a mesma das incidências dos feixes dos raios X, que caracteriza o espalhamento coerente ou espalhamento Thompson e possui o mesmo comprimento de onda da radiação incidente; a segunda parte apresenta uma mudança no comprimento de onda devido a sua baixa energia e é caracterizado como um espalhamento incoerente, geralmente ignorado para o interesse de determinação da estrutura dos cristais⁴³.

Quando os raios X foram descobertos por Wilhelm Konrad Röntgen em 1895, tendo a capacidade de produzir fluorescência em certos metais pesados, passar por vários milímetros de espessura em materiais opacos e provocar descargas elétricas nos gases o deixou bastante comprometido na sua pesquisa e prosseguia os seus estudos nessa nova radiação. Os vários fundamentos das ondas dos raios X foram as primeiras observações por ele estabelecidas e por muitos outros pesquisadores, apresentando uma delas como a difração dos raios X por cristais que são compostos de arranjos de átomos regulares. Esses experimentos tinham a finalidade de analisar os feixes monocromáticos dos raios X e deduzir a estrutura espacial de vários cristais. As investigações na cristalografia com os raios X tiveram imensas contribuições para o conhecimento e entendimento dos cristais e por meio do espectro dos raios X⁵⁷.

Foi então que em 1912 o físico alemão Max Von Laue, sugeriu que se os átomos apresentam uma estrutura cristalina, são organizados de tal forma que possa apresentar periodicidade ao longo do espaço, e que se os raios X eram ondas eletromagnéticas com comprimento de onda menor que os espaços interatômicos, então os núcleos atômicos que concentram a massa dos átomos poderiam difratar

os raios formando franjas de difração. Quando Laue fez passar um feixe de raios X por uma amostra monocristalina, e pôs um filme fotográfico após a amostra, o resultado foi que após revelar o filme este apresentava pontos sensibilizados pelos raios X difratados.*

As experiências de Laue despertaram grande interesse nos físicos ingleses, W. H. Bragg e seu filho W. L. Bragg, que formularam, ainda em 1912 uma equação para prever os ângulos onde seriam encontrados os picos de intensidade máxima de difração. Assim, conhecendo-se as distâncias interatômicas, poderiam ser resolvidos os problemas envolvidos na determinação da estrutura cristalina. Dessa forma, os Bragg determinaram sua primeira estrutura, a do NaCl. Transformando a difração de raios X na primeira ferramenta eficiente para determinar a estrutura atômica dos materiais, fazendo com que a técnica obtivesse rapidamente a grande popularidade entre os institutos de pesquisa.**

O espectro contínuo dos raios X (radiação branca) apresenta como linhas brilhantes, chamadas de radiação característica do material do ânodo do tubo do raios X. O número de ondas da radiação característica sofre influencia com o aumento do número atômico do material do anôdo e a intensidade do pico depende do elemento que se esta analisando⁵⁷.

A interação dos feixes dos raios X monocromático com o cristal é observado quando estes atravessam a matéria e é atenuado com o aumento da absorção dos feixes pelo material⁵⁷.

* Barros AM. Física Moderna – Mito e Ciência. Engenharia de Materiais pela EPUSP [atualizado em 10 maio.2001]. Disponível: <http://www.comciencia.br>.

** Santos CA. Conceitos elementares de raios X; 2002 [disponibilidade em abril. 2002 citado em 26 mar. 2007]. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/fis_142/raios/rxconc.html

O feixe de raios X incide sobre um conjunto de planos cristalinos, cuja distância interplanar é d . O ângulo de incidência é θ . Os feixes refletidos por dois planos subsequentes apresentarão o fenômeno de difração. A equação é conhecida como a relação de Bragg, onde λ é o comprimento de onda dos fótons; d é a distância interplanar dos planos cristalográficos; n define a ordem de reflexão (1ª ordem, 2ª ordem, ...). O máximo de difração de 1ª ordem é normalmente o mais intenso. E desempenha papel fundamental no uso da difração de raios X para estudos cristalográficos. Quando a diferença do caminho óptico entre dois feixes é igual a um número inteiro de comprimento de onda, isto significa que as ondas estão em fase, ou dito de outra forma, os máximos e mínimos de uma onda coincidem com os máximos e mínimos de outra.*

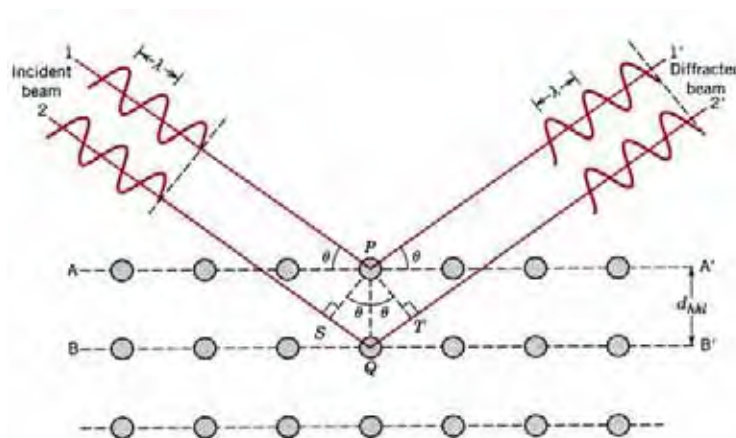


FIGURA 2 – Representação de difração⁶

*Santos CA. Conceitos elementares de raios X; 2002 [disponibilidade em abril. 2002, citado em 26 mar. 2007]. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/fis142/raios/rxconc.html>

Segundo Medeiros⁶⁰ *

“O mecanismo da difração de raios X é dado quando os raios X são difratados por um cristal porque os elétrons dos seus átomos absorvem a radiação e então servem como fontes secundárias que emitem radiação em todas as direções. As ondas emitidas reforçam mutuamente em algumas direções e se cancelam em outras. Para esta análise, quando um feixe definido difrata em um cristal desconhecido, a medida do(s) ângulo(s) de difração do(s) raio(s) emergente(s) pode(m) elucidar a distância dos átomos no cristal e, conseqüentemente, a estrutura cristalina.”

Na prática, a difração de raios X é interpretada por um sistema de detecção, mas este meio está relacionado entre a fase de espalhamento das ondas perdidas e as ondas difratadas. Somente as intensidades das ondas difratadas podem ser mensuradas, ou seja, descobrir a fase relativa dos feixes de luz difratados, que são necessários para reconhecer o arranjo molecular. Quando essas fases são conhecidas a estrutura tridimensional das moléculas será revelada com o resultado da síntese Fourier⁸⁹.

O método comum para coletar as intensidades dos feixes difratados são os difratômetros que possuem interceptadores sensíveis aos raios X. Os feixes difratados são interceptados por um detector contendo uma cintilação (emissão instantânea de luz por uma substância após a absorção de energia radiante) e a intensidade dos picos são registradas e mensuradas eletronicamente. O ângulo do cristal e do detector são medidos pela orientação do cristal e pela dimensão da sua

* Medeiros MA. Difração de Raios X. Disponível em: http://www.Qui_procura 2002, publicado 09 de junho de 2004 acesso: 10 dezembro de 2

célula, ambos controlados por um computador na qual a coleta dos dados são feitas automaticamente.

A grande ambição dos biólogos é conhecer todos os genes do organismo humano para, em seguida determinar a estrutura de todas as moléculas. Assim, eles vão poder construir ferramentas químicas, genéticas e biológicas contra todas as doenças humanas. Parece megalomania, mas os raios X podem transformar esse projeto em realidade. Eles já revelaram a estrutura de várias moléculas. A do DNA, por exemplo, que carrega a herança genética humana, foi identificada em 1953. A técnica que realizou a façanha foi à difração de raios X. Ela funcionou assim: um feixe de raios X incide sobre uma molécula e, ao encontrar um dos átomos dessa molécula, faz os seus elétrons oscilar. Com isso, todos os elétrons geram mais raios X e do outro lado da molécula sai um leque de raios. Isso é a difração. A análise desse chuvaire permite achar a posição de cada átomo e determinar a estrutura da molécula, “o uso do método já rendeu onze prêmios Nobel”. Mas os raios X apropriados para a difração não são os tradicionais. São aqueles emitidos pelos aceleradores circulares de elétrons, que produzem a chamada luz Sincrotron, abrangendo as radiações visíveis e as invisíveis. Esses raios X são mais homogêneos e tem um feixe mais intenso, o que os torna muito mais eficiente para ver as menores partes da matéria.*

* Física – História dos Raios X. Disponível: www.geocities.com/capenaveral/7754/raio-x.htm - Acessado 11\12\2006

2.4 Métodos de avaliação estrutural do esmalte dentário

Apesar de o autor afirmar que o clareamento dentário é um procedimento seguro baseado nos resultados por ele obtido muitas controvérsias são observadas em relação aos efeitos adversos produzidos nos tecidos dentários, principalmente no esmalte que é o tecido mais mineralizado do corpo humano tendo em sua composição 37,4% de cálcio e 18,3% de fósforo⁸⁰. Essa composição altamente inorgânica confere ao esmalte a característica de ser particularmente vulnerável a desmineralização em ambientes ácidos⁸⁷.

Estudo mostra que os agentes clareadores causam uma desmineralização da estrutura do esmalte, mas que esta é equivalente ou menor do que alguns procedimentos rotineiros de consultório, como a profilaxia e o condicionamento ácido do esmalte. Essa desmineralização é compensada pela exposição à saliva e pela posterior formação de fluorapatita⁷¹.

Covington et al.²² afirmam que não há alterações dos radicais livres na composição da superfície do esmalte.

Hunsaker et al.⁵² estudando os efeitos de sete agentes clareadores caseiros relataram que não houve grandes mudanças na estrutura dos dentes ou em materiais restauradores comuns.

Haywood et al.⁵⁰ baseados nas suas observações não relataram diferenças na textura da superfície entre as espécies de esmalte tratadas e as de controle.

* Física – História dos Raios X. Disponível: www.geocities.com/capenaveral/7754/raio-x.htm - Acessado 11/12/2006

Covington et al.²² relataram que o esmalte tratado com agente de peróxido de carbamida de baixo pH mostra uma indiferente erosão superficial sob microscopia eletrônica de varredura. Se o pH do agente clareador caseiro for menor do que cinco, há o potencial para dissolução da dentina e possível sensibilidade dentária.⁸³

Goldstein e Kiremidjian-Schumacher⁴⁵ concluíram que o clareamento com peróxido de hidrogênio a 30% causa grande mudança estrutural na dentina e esmalte em dentes de ratos.

Reações de radicais livres, gerados pelo peróxido de hidrogênio, não são específicas e podem potencialmente reagir com estruturas orgânicas. Investigações prévias sugerem que esta reação pode levar a ruptura da matriz orgânica do esmalte. O esmalte tem mostrado comportar-se como uma membrana permeável a pequenos íons, após procedimentos de clareamento com peróxido de hidrogênio, devido à degradação e diluição da matriz do esmalte⁷⁷.

Strassler et al.⁸³ examinando os efeitos adversos do peróxido de carbamida têm mostrado resultados conflitantes e tem focalizado primariamente os danos superficiais para o esmalte. Estes estudos “in vitro” não levam em consideração a remineralização em que pode ocorrer nestes locais depois da exposição à saliva humana.

Haywood⁵¹ publicou um artigo de revisão literária e afirma que apesar do mecanismo de ação dos agentes clareadores não serem totalmente conhecidos, os agentes oxidantes removem matéria orgânica sem dissolver a matriz de esmalte desde que não se utilize o produto continuamente por um longo período.

Feinman³⁴, Powell e Bales⁶⁸ concluíram que as soluções de clareamento não penetram no esmalte e dentina intactos; a exatidão desses métodos usados ainda é questionada.

Seale e Wilson⁷⁶ concluíram que quanto mais a solução estiver em contato com a superfície do esmalte, maior a profundidade da penetração e maior a quantidade da solução penetrada.

No clareamento com peróxido de hidrogênio em concentrações que variam entre 30 e 35% não há mudanças químicas e estruturais nos radicais do esmalte e dentina, porém os radicais livres gerados pelo peróxido de hidrogênio podem reagir provocando a diluição da matriz do esmalte, ou seja, aumentando a sua porosidade superficial¹⁵.

McCracken e Haywood⁵⁹ mensuraram “*in vitro*” a quantidade de cálcio perdido pelo esmalte humano exposto ao peróxido de carbamida a 10%, água deionizada e refrigerante à base de cola. A espectrofotometria de Absorção Atômica, método de mensuração utilizado, mostrou os seguintes resultados com relação à perda de cálcio observadas na Quadro 2.

Quadro 2 – Perdas do elemento cálcio

Peróxido de carbamida 10% (I)	1.061 $\mu\text{g}/\text{mm}^2$
Refrigerante a base de cola (II)	1.253 $\mu\text{g}/\text{mm}^2$
Água deionizada (III)	0.259 $\mu\text{g}/\text{mm}^2$

Os raios X são utilizados, na área médica, em radiografias visando o estudo da estrutura óssea e de outros órgãos, devido ao seu alto poder penetrante. Estes raios, inicialmente considerados misteriosos por Röntgen e por isso a denominação do nome de raios X trouxeram grandes aplicações em várias áreas. São utilizados também em tratamentos de lesões malignas, por radioterapia, bem como são usados na detecção de falhas estruturais em materiais como aço, concreto, entre outros. Na microeletrônica, a radiação de raios X se torna essencial para o desenvolvimento das chamadas nano-estruturas, atualmente em moda. No meio científico os raios X são utilizados em diversas áreas com várias finalidades, entre elas na cristalografia, onde se estuda a estrutura interna dos materiais por meio da difração dos raios X²³.

Análises de Absorção de infravermelho ou difração de raios X tem tornado técnicas populares para examinar tecidos dentários ou materiais^{35, 31 e 42}.

Oltu e Gürkan⁶³ avaliaram,

“O efeito do agente clareador à base de peróxido de carbamida com dois tipos de agentes clareadores encontrados no mercado (Opalescence[®] e Nite White[®]) com três diferentes concentrações (10, 16 e 35%) na estrutura do esmalte. Quarenta terceiros molares humanos foram seccionados em lâminas de esmalte e divididos em quatro grupos. Os espécimes do primeiro e segundo grupo foram submetidos a peróxido de carbamida a 10% e 16% por um período de oito horas por dia durante seis semanas. O terceiro e o quinto grupo foram aplicados peróxido de carbamida a 35% por 30 minutos por dia durante quatro dias, conforme as recomendações do fabricante. O quarto grupo foi utilizado como grupo controle e foi mantido em saliva artificial durante todo período do teste. Ao término do tratamento os espécimes foram examinados por espectroscopia por absorção de infravermelho e por análise por difração de raios X. Pela análise de difração de raios X, são observados no grupo controle os picos característicos da hidroxiapatita e fluorapatita. Nos grupos onde foram aplicados agentes clareadores mostrou picos similares aos picos do grupo controle. As alturas dos picos específicos foram diferentes no 35,5⁰ e 37⁰. Picos da apatita mostraram desvios e estes desvios foram maiores na hidroxiapatita do que na fluorapatita. O resultado da análise da difração de raios X está de acordo com a análise de infravermelho. Os picos da apatita no 576-605 cm⁻¹ para todos os grupos na análise de espectroscopia de absorção de infravermelho foram similares aos picos vistos na análise de difração de raios X, ou seja, PO₄, CO₃, hidrocarbono, apatita mostraram desvios dos picos, por causa disto pode implicar em mudanças da composição inorgânica do esmalte.

Os resultados que o peróxido de carbamida a 10% e 16% não mostraram efeitos na estrutura do esmalte, enquanto o peróxido de carbamida a 35% afetou a estrutura. O uso de pequenas concentrações de peróxido de carbamida (10%-16%) é recomendado, já concentrações acima (35%) devem ser evitadas para que não ocorram mudanças no esmalte.”

Cimilli e Pameijer¹⁹ avaliaram,

“O efeito de dois agentes clareadores à base de peróxido de carbamida disponível comercialmente (Opalescence e Nite-White), nas concentrações de 10, 15 e 16% na superfície do esmalte. Foi utilizada uma amostra de 110 dentes humanos, tratados durante 5 a 10 dias por um período de seis horas por dia. As mensurações foram realizadas por meio de espectrofotometria e difração de raios X após o teste de microdureza Vickers. Após a análise estatística, concluíram que com a análise de espectrofotometria e difração de raios X na superfície do esmalte houve uma mudança de hidroxapatita para ortofosfato de cálcio para todos os grupos, exceto para o Opalescence a 10% e que houve uma diferença estatisticamente significativa entre o grupo tratado e o não tratado para o teste de microdureza. Também constataram a perda de cálcio de superfícies de esmalte clareadas com clareadores à base de peróxido de carbamida nas concentrações 10%, 15% e 16% aplicadas há seis horas por dia durante cinco e dez dias, utilizando três formas de mensurações: Espectroscopia de Absorção de Infravermelho, Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier e Espectroscopia de Difração de raios X. “

Pugh et al.⁶⁹

“Avaliaram o efeito do peróxido de hidrogênio no esmalte em dentes humanos, testando a microdureza, alteração pulpar e a sua morfologia, obtida pela análise química de espectroscopia eletrônica. Utilizaram o agente clareador Colgate Platinum Professional Overnight Whitening System[®] (Colgate Oral Pharmaceuticals, Inc., Canton. MA, USA) (peróxido de carbamida a 10% equivalente a 3,5% de peróxido de hidrogênio) expondo o elemento dentário em três períodos - 30 minutos, 4 horas e 7 horas e concluíram que o peróxido de hidrogênio não afeta a morfologia do esmalte ou a microdureza e há uma recuperação da polpa, pois o peróxido de hidrogênio não inibe as enzimas do tecido pulpar, normalizando a sensibilidade dos dentes.”

O efeito de dois materiais clareadores no esmalte dentário foi avaliado por espectroscopia vibracional. O esmalte de molares humanos foi seccionado paralelamente a junção cimento esmalte, polidos e tratados unilateralmente com agentes clareadores contendo peróxido de hidrogênio a 38% (Opalescence Xtra Boost) ou com peróxido de carbamida a 20% (Opalescence PF 20%). Depois da inclusão da amostra nos agentes clareadores, as estruturas cristalinas e moleculares foram analisadas por espalhamento Raman e mostraram uma atenuação na espectroscopia. Nenhuma diferença foi observada entre o esmalte clareado e o não clareado com os dois diferentes agentes, no qual não apresentaram nenhuma significância estrutural ou química na mudança da apatita do esmalte esperado no clareamento⁹³.

3 PROPOSIÇÃO

É propósito nesse trabalho avaliar o esmalte dentário em dentes pré-molares humanos, “*in vitro*”, submetidos a aplicação do agente clareador exógeno (Colgate® Simply White), utilizando:

- sistema radiográfico digital direto, por meio da densidade óptica, verificando a possibilidade da perda mineral;
- a difração de raios X, para verificar se houve ou não mudança estrutural.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Amostra

Para realização desta pesquisa foi utilizada uma amostra de 50 dentes humanos, pré-molares, doados pelo Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP). O critério utilizado para a escolha desses elementos dentários foi a integridade das coroas dos mesmos.

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP da FOSJC/UNESP, protocolo nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde – (CNS).

4.2 Material

Para a realização da parte experimental foram utilizados os seguintes materiais dispostos em ordem alfabética, independente da cronologia de utilização.

a) agente clareador Colgate® Simply White (Colgate Oral Pharmaceuticals, \inc., Canton, MA, USA) apresentado a seguinte composição: álcool etílico, água, peróxido de uréia 18% (peróxido de carbamida), PEG 2M, glicerina, carbômero, fosfato de sódio, ácido fosfórico;

b) água MilliQ® (Millipore);

- c) aparelho radiográfico com corrente contínua Gendex 765 Gendex Dental Systems, Dentsply International, Chicago, IL, USA) trabalhando em regime de 65KVp e 7mA com filtração de 2mm/Al, ponto focal efetivo de 0,4mm³ e área focal de 6cm;
- d) caixa de acrílico para acondicionamento da amostra;
- e) computador Intel Core Duo, processador 1.6 GHz, 1Gb memória RAM, disco rígido de 120 GB, monitor 15.4 "(Acer CrystalBrite™ LCD);
- f) contra ângulo (Kavo®);
- g) difratômetro de raios X marca Rigaku® modelo multiflex, trabalhando em regime de 40KV_a e 20mA , tubo de cobre e com monocromador com ângulo(2θ), passo de 0,020° e tempo de contagem 6,0 segundos;
- h) escova de Robson;
- i) escova unitufo cônica (Oral B®);
- j) estufa Orion (Fanem®);
- k) pedra- pomes;
- l) programa de computador Adobe Photoshop7.0 (Adobe systems *incomporated*, 345 Park Avenue, San Jose, Califórnia 95110, USA) para a mensurações da densidade óptica das imagens radiográficas;
- m) Resina acrílica quimicamente ativada Jet (Clássico);

- n) saliva artificial Saliforme (Fórmula e Ação[®]), cuja composição:
Cloreto de potássio, cloreto de sódio, cloreto de magnésio, cloreto de cálcio, fosfato de potássio, fluoreto de sódio tiocianato de potássio, sorbitol, metilparabeno, mentol, carboximetilcelulose e água deionizada;
- o) seringa descartável 10ml (BD);
- p) sistema de radiografia (Trophy, Vicennes, França).digital direta intraoral, *Radiovisiography*, RVG

4.3 Método

4.3.1 Limpeza dos dentes e padronização da amostra

Realizou-se a limpeza dos dentes utilizando escova de Robson em baixa rotação com pedra-pomes e água. Posteriormente foram incluídos em resina acrílica quimicamente ativada (RAAQ) a porção radicular com o objetivo de padronizar o posicionamento dos dentes para a realização das incidências radiográficas e facilitar a aplicação do agente clareador no esmalte dentário. A amostra foi armazenada em água MilliQ[®] em a 5° C até o início da fase experimental, esta substância é considerada uma água de ultrapureza. Sua preparação é a partir de uma quantidade de água destilada submetida a três etapas de purificação. No final deste processo a água contida no purificador é um líquido de composição H₂O sem a presença de nenhum outro elemento químico.

A face lingual foi utilizada como grupo controle, para tanto se aplicou como proteção a base de unha incolor Risque[®] evitando que o

material clareador entrasse em contato com o esmalte dessa face. A face vestibular foi escolhida como o grupo submetido ao clareamento.

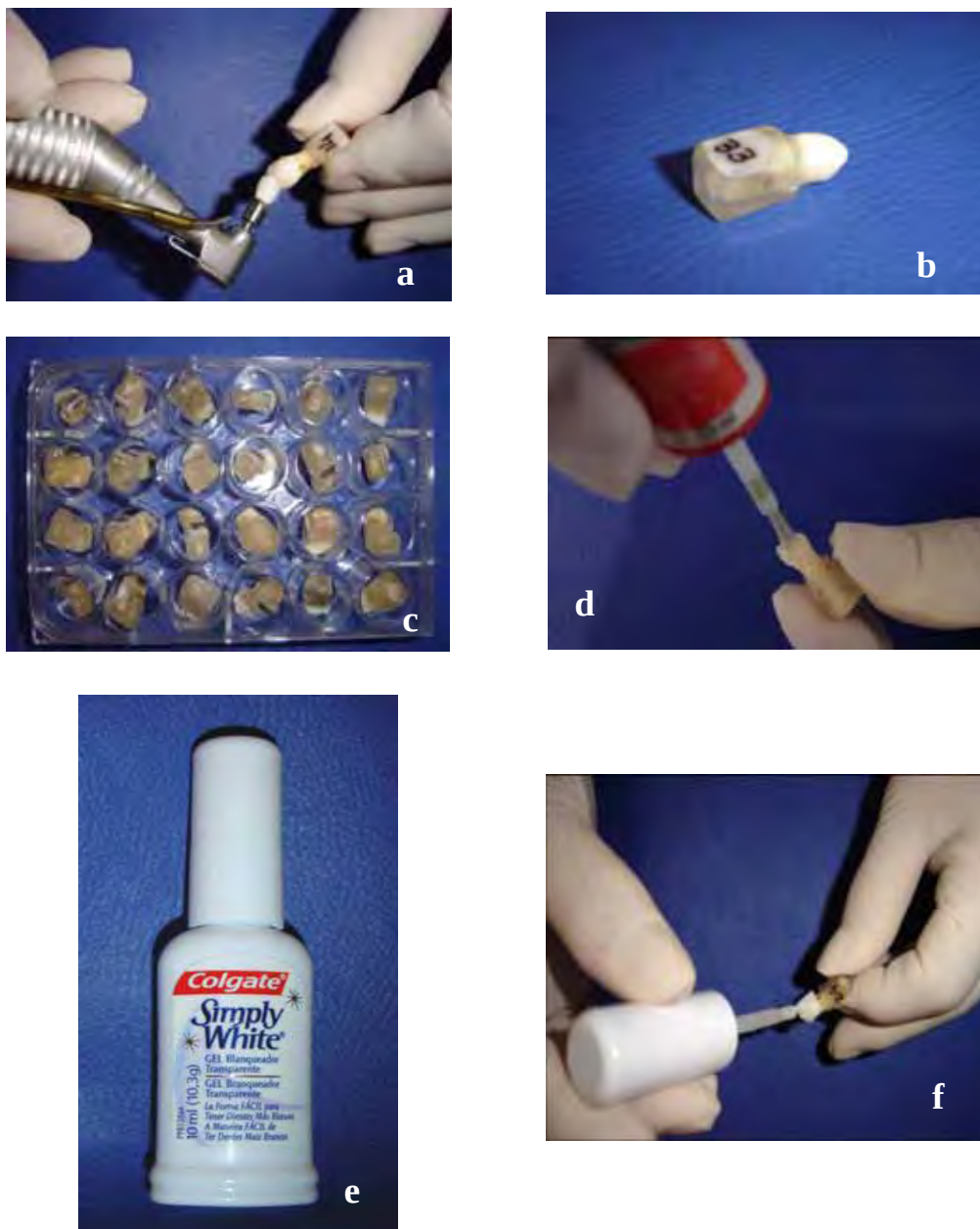


FIGURA 3 - Preparo dos dentes: a) limpeza dos dentes com escova de Robson em baixa rotação; b) inclusão da porção radicular em resina acrílica quimicamente ativada para padronização; c) blocos armazenados em água Miliq
Padronização para aplicação do agente clareador: d) face palatina escolhida como grupo controle; e) agente clareador; f) face vestibular - área de esmalte exposto onde agiu o agente clareador.

Todos os instrumentos utilizados (potes, seringas, potes de acondicionamento das amostras na estufa) foram previamente lavados com água MilliQ® e secos a temperatura ambiente.

Utilizando-se uma seringa plástica, 3ml de saliva artificial (Quadro 3) foram colocados e substituídas, diariamente, nas caixas de acrílico para acondicionamento da amostra e mantidos em uma estufa a 37° C, com a função de iniciar a degradação dos agentes clareadores, simulando as condições do ambiente bucal.

Quadro 3 – Composição Saliva artificial Formula e Ação®

Composto	Quantidade
Cloreto de cálcio	0,21g
Cloreto de potássio	4,8g
Cloreto de sódio	3,4g
Cloreto de magnésio	0,27g
Fosfato de potássio	1,32g
Benzoato de sódio	1g
Carboximetilcelulose sódica	25g
Sorbitol	120g
Água destilada	4850ml

A aplicação do agente clareador foi realizada conforme as recomendações do fabricante, ou seja, aplicou-se uma fina camada nos dentes realizando-se movimentos verticais, duas vezes ao dia pela manhã e a noite durante 14 dias, sempre no mesmo horário, ou seja, com um tempo de aplicação de 5 segundos.

Para a limpeza das amostras, quando terminadas as aplicações diárias do agente clareador, realizou-se uma escovação de 30 segundos com escova dentária macia sem dentífrico, evitando que o

flúor, cálcio e fósforo interferissem nas mensurações das densidades ópticas radiográficas.

Durante os intervalos das aplicações do agente clareador, as amostras permaneceram imersas em saliva artificial a 37⁰ C.

4.3.2 Radiografias digitais diretas

Os 50 dentes foram radiografados no sentido méso-distal, com o intuito de não sobrepor as imagens das faces vestibular e lingual. As imagens foram adquiridas nos períodos inicial (sem a ação do gel clareador), 7 e 14 dias de ação do agente clareador, utilizando-se o sistema digital direto RVG com o auxílio do programa Trophy Windows versão 5.0.

Os dentes foram posicionados no sensor (Figura 3a), radiografados com 7mA, 10 kVp, 0,02 segundos de tempo de exposição, 40 cm de distância focal (Figura 3b) com feixe de raios X perpendicular ao sensor. As imagens foram adquiridas e visualizadas na tela do computador (Figura 3c e 4) e posteriormente armazenadas em formato Tiff para que não ocorra perda da qualidade da imagem.

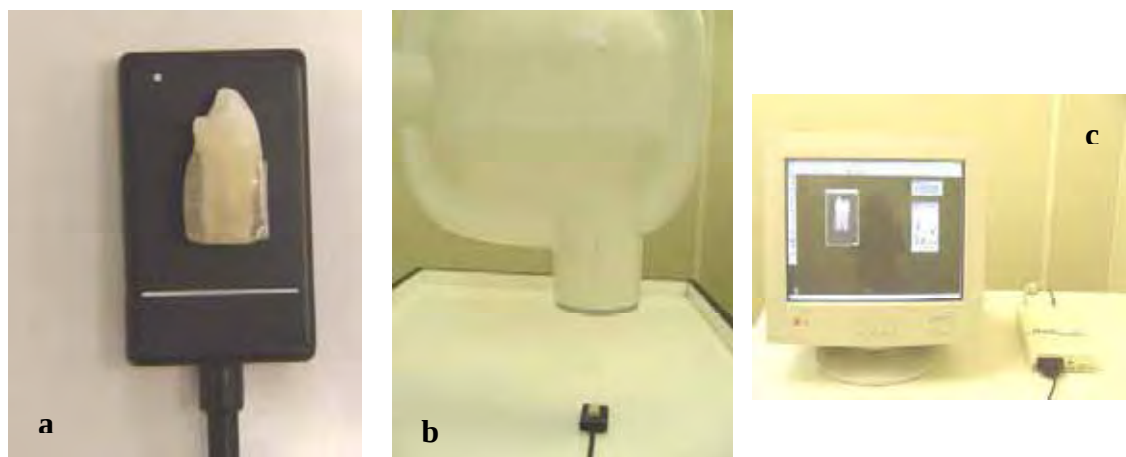


FIGURA 4 – Sistema Radiography; a) Sensor CCD com posicionamento da amostra; b) posicionamento radiográfico e c) imagem digital captada pelo sensor.

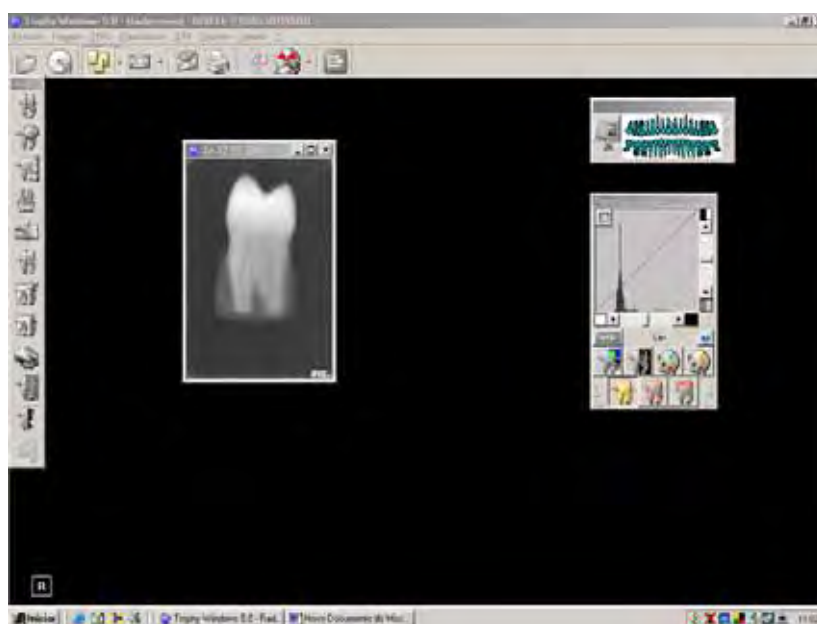


FIGURA 5 - Imagem captada pelo sensor com software Trophy Windows versão 5.0.

4.3.3 Avaliação da densidade óptica radiográfica

Para avaliar a densidade do esmalte dentário foi utilizado o programa de edição de imagem *Adobe Photoshop 7.0*, que fornece entre outros, o recurso de determinação da densidade óptica, ou seja, a radiopacidade do esmalte, pelos seus níveis de cinza.

Esse programa de edição de imagens oferece várias ferramentas, as quais foram utilizadas para realização desse trabalho: *Line Tool*, *Rectangular Marquee Tool* e *Histogram*.

Os níveis de cinza do esmalte foram obtidos e avaliados por meio da utilização da ferramenta *Histogram*, de acordo com a escala de cinza com profundidade de 8 *bits*, a qual permite a observação de 256 tons diferentes, do radiolúcido absoluto (0) à radiopacidade máxima (255), tanto na face vestibular, onde o material clareador agiu sobre o esmalte, quanto na face lingual protegida contra a ação do material clareador (grupo controle). Para padronização utilizou-se a porção mais convexa da coroa dentária na obtenção das imagens radiográficas. Com o auxílio das ferramentas *Line Tool* e *Rectangular Marquee* foram marcadas uma área de 20 x 20 *pixels*, posicionada na região do esmalte dentário. Posteriormente utilizou-se *Histogram*, para mensuração dos valores de densidade radiográfica (Figura 5).

Para esta análise foram realizadas três medições, com intervalos de uma semana cada repetição. As análises foram feitas pelo autor deste trabalho, o qual foi previamente treinado.

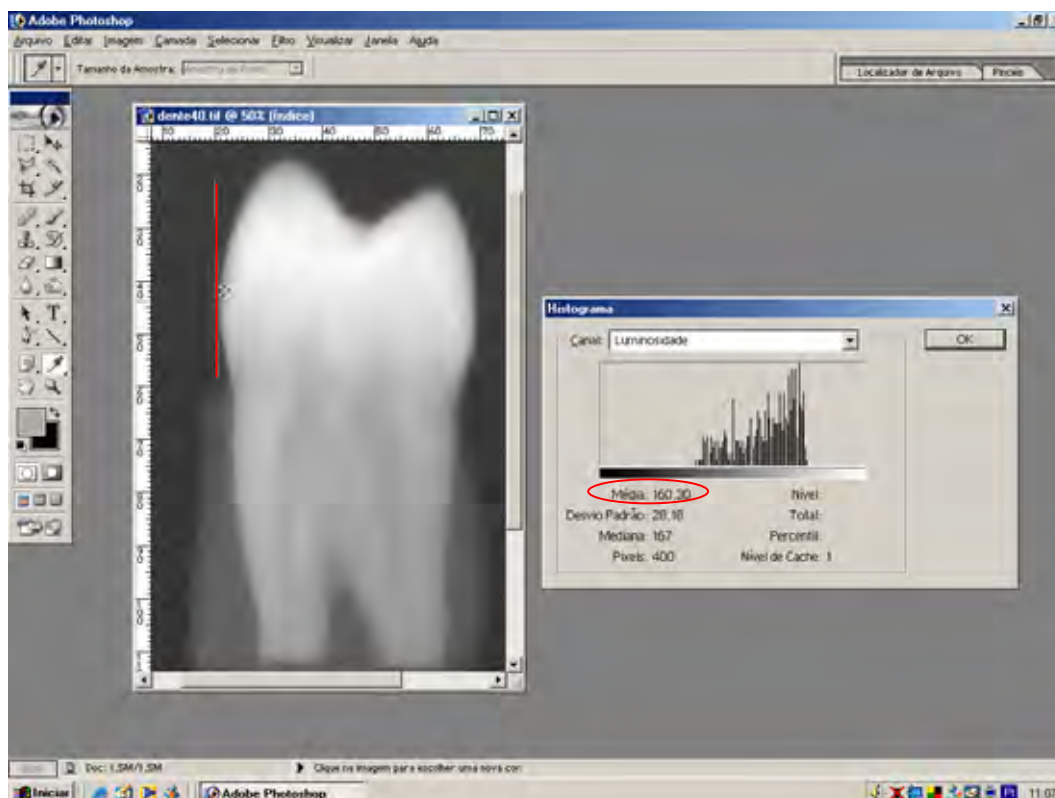


FIGURA 6 – Software Adobe Photoshop. Ferramentas localizadas na coluna à esquerda e Histograma à direita.

Os dados foram tabulados no programa Microsoft Excel 2003 for Windows para a realização da análise estatística.

4.3.4 Avaliação dos componentes e estrutura do esmalte por meio da difração de raios X

A difração de raios X e a fluorescência de raios X foram utilizados para demonstrar a possibilidade de mudança estrutural do esmalte dentário, como consequência da aplicação do agente clareador à base de peróxido de carbamida a 18%. As avaliações foram realizadas nos períodos inicial e final.

Para verificação, foram selecionados 5 dentes para análise em um aparelho de difração de raios X, marca Rigaku®, modelo Multiflex pertencente ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN (USP – São Paulo – SP), trabalhando em regime de 40kVa e 20mA, tubo de cobre, monocromador com ângulo(2θ), passo de $0,020^\circ$ e tempo de contagem 6,0 segundos (Figura 6).

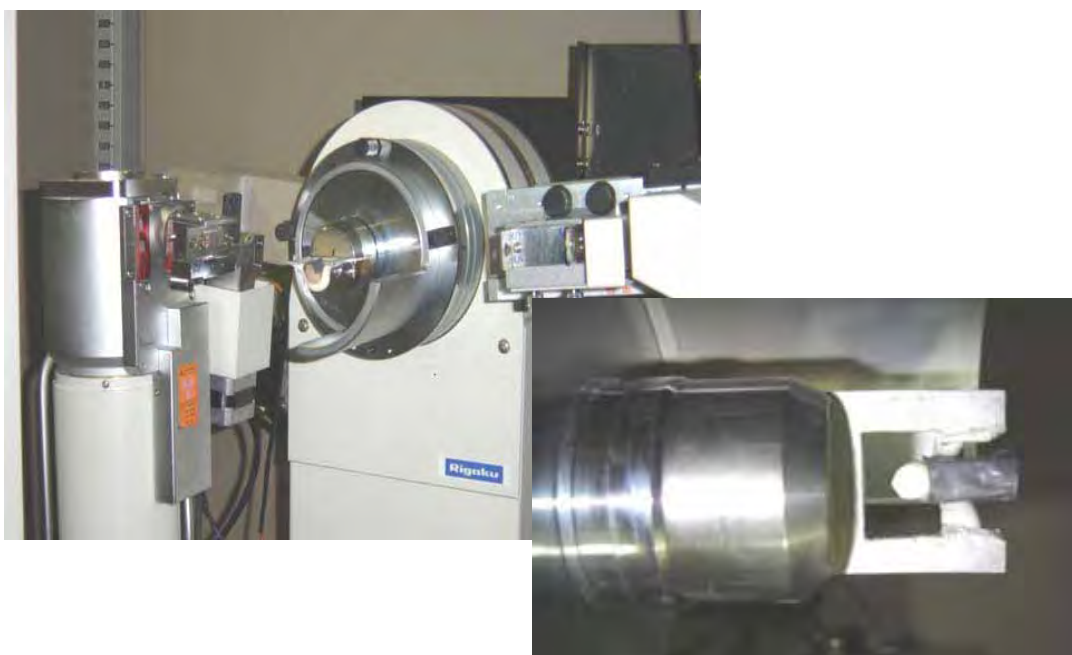


FIGURA 7 – Equipamentos: a) difratômetro de raios X; b) posicionamento da amostra-visão superior.

A amostra foi posicionada no difratômetro de maneira que o ângulo de incidência dos feixes de raios X fosse perpendicular à face mais plana na coroa dentária, ou seja, incidissem sobre a molécula da estrutura cristalina do esmalte dentário, fazendo com que seus elétrons oscilassem liberando fótons que seriam interceptados por um detector e as intensidades dos picos registrados e mensurados eletronicamente.

A Análise Química por Fluorescência de raios X foi realizada pelo Laboratório do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN (USP – São Paulo – SP) e apresentaram valores dos componentes do esmalte dentário em porcentagem antes e após a

aplicação do agente clareador, com intuito de orientar a interpretação da estrutura cristalina com a difração de raios X.

A interpretação dos espectros foi realizada pelo autor deste trabalho, previamente treinado pelo Professor da disciplina de Difração de raios X da mesma instituição em que foi realizado o exame.

Após a realização da difração dos raios X obtiveram-se os resultados em espectros.

5 RESULTADO

Os valores da média (MD) da distribuição dos níveis de cinza encontradas nas imagens radiográficas iniciais, 7 dias e 14 dias de ação do agente clareador, foram as variáveis utilizadas na análise estatística. O objetivo foi procurar diferenças nos intervalos entre os períodos inicial e final da aplicação do agente clareador em esmalte dentário.

A partir da aderência à curva de normalidade das duas amostras testadas encontramos homogeneidade das variâncias e por isso podemos utilizar testes paramétricos com a ANOVA Two-Way com medidas repetidas para compararmos os efeitos dos fatores Tempo e Grupo nos valores de cinza (Figura 8).

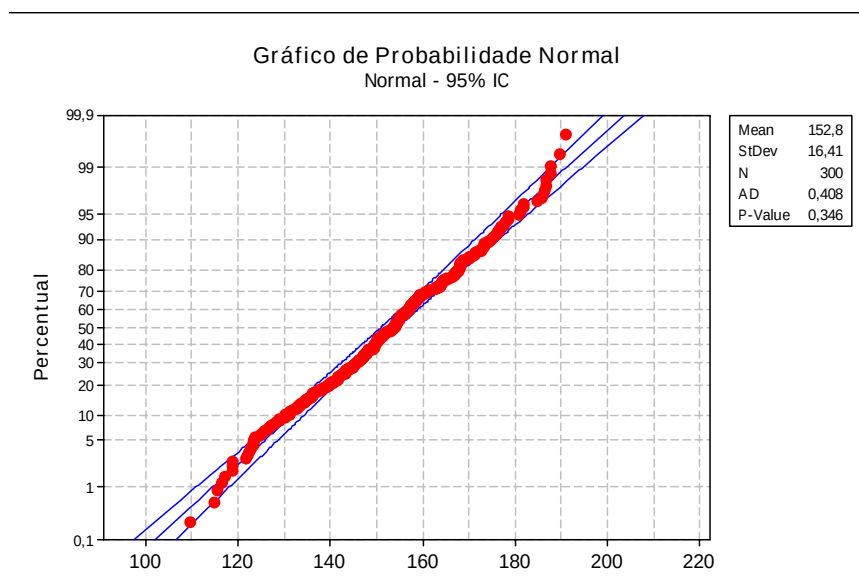


FIGURA 8 - Gráfico de Probabilidade Normal

Tabela 1 – ANOVA para os dados de valores dos grupos e tempos dos intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte

Fonte	DF	SS	MS	Fisher	p-valor
Grupo	1	16.874	16.874	84,54	<0,001*
Tempo	2	403	201	1,01	0,366
Interação	2	4.529	2.264	11,34	<0,001*
Erro	294	58.683	200		
Total	299	80.488			

Pode-se observar pela análise da Tabela 1, o teste ANOVA, que é significativos para os níveis de cinza entre os grupos e para interação entre os tempos dos intervalos de aplicação do agente clareador e os grupos.

Tabela 2 – Dados para distribuição dos níveis de cinza na imagem radiográfica considerando os dois grupos

Grupo	Clareada	Não Clareada
Média	145,28	160,28
Mediana	147,56	159,24
Desvio Padrão	15,31	13,88
CV	10,5%	8,7%
Mínimo	109,54	131,23
Máximo	187,68	190,84
N	150	150
IC	2,45	2,22
p-valor	<0,001*	

Pode-se notar na Tabela 2, que existiu diferença estatisticamente significativa entre os grupos Clareada e Não Clareada, onde o grupo de Não Clareada possuiu média maior do que o grupo Clareada. Uma observação importante a ser feita é que a variabilidade está bastante

baixa (CV baixo), o que demonstra grande homogeneidade dos resultados.

Na Figura 9 estão apresentados as diferenças das médias dos tons de cinza dos grupos Clareada e Não Clareada.

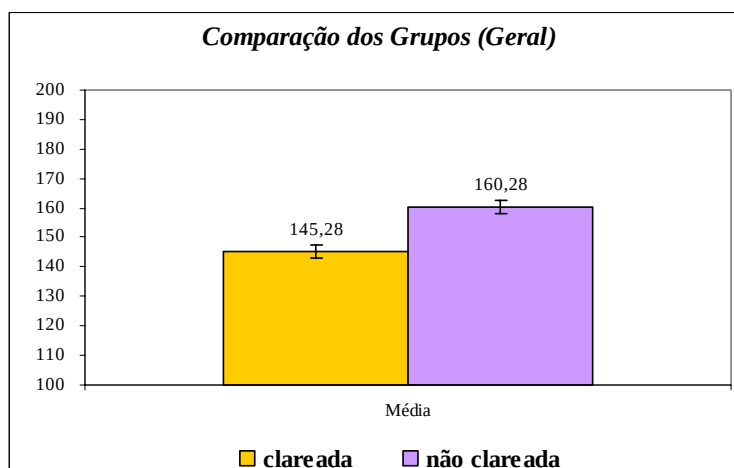


FIGURA 9 – Média e Desvio Padrão para os dados de distribuição dos níveis de cinza nos grupos clareado e não clareado.

Tabela 3 – Dados da distribuição dos níveis de cinza nas imagens radiográficas nos três intervalos de aplicação do agente clareador

Tempo	Inicial	7 dias	14 dias
Média	154,37	151,64	152,33
Mediana	155,15	151,335	153,22
Desvio Padrão	15,33	16,14	17,70
CV	9,9%	10,6%	11,6%
Mínimo	109,54	115,48	114,72
Máximo	187,68	190,84	189,43
N	100	100	100
IC	3,00	3,16	3,47
p-valor		0,366	

Pode-se analisar na Tabela 3 que o valor das médias decrescem à medida que aumenta o intervalo da ação do agente clareador em esmalte e o Desvio Padrão aumenta juntamente com o intervalo da aplicação do agente clareador.

Observa-se na Figura 10 a relação dos tempos de aplicação do agente clareador em esmalte (inicial, 7 dias e 14 dias) com a média dos níveis de cinza nas imagens radiográficas.

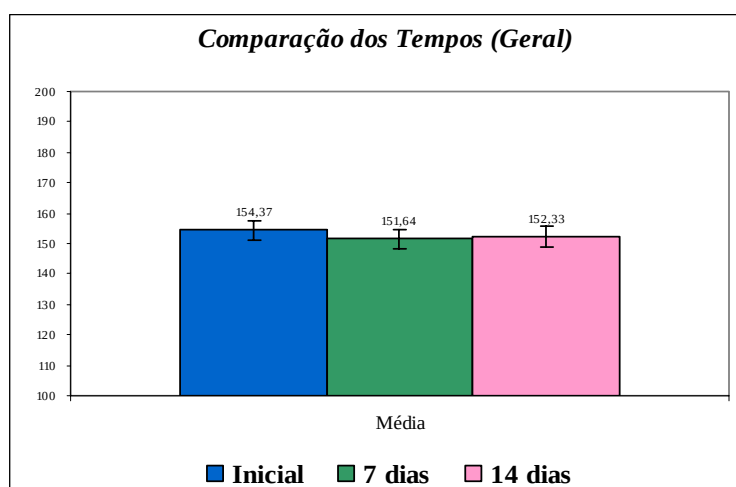


FIGURA 10 – Média dos dados de distribuição dos níveis de cinza nas imagens radiográficas, considerando os diferentes intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte.

Pode-se observar na Tabela 4 a interação entre os fatores, comparando os resultados entre os grupos para cada intervalo da aplicação do agente clareador, utilizando o teste T- Student Pareado.

Tabela 4 – Teste T Student Pareado para os dados dos grupos e intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte

Interação	Inicial		7 dias		14 dias	
	Clareada	Não Clareada	Clareada	Não Clareada	Clareada	Não Clareada
Média	152,10	156,64	142,99	160,30	140,76	163,91
Mediana	155,15	154,99	145,15	161,54	144,445	165,105
Desvio	16,79	13,50	13,48	13,86	13,24	13,59
CV	11,0%	8,6%	9,4%	8,6%	9,4%	8,3%
Mínimo	109,54	131,23	115,48	134,36	114,72	140
Máximo	187,68	186,62	172,7	190,84	163,78	189,43
N	50	50	50	50	50	50
IC	4,65	3,74	3,74	3,84	3,67	3,77
p-valor	0,012*		<0,001*		<0,001*	

Pode-se observar que nos três intervalos, a diferença média existente entre os grupos é considerada estatisticamente significativa e que em todos os intervalos o grupo não clareada possui média estatisticamente maior do que a média de níveis de cinza do grupo clareada

Na Figura 11, apresenta a comparação dos grupos em relação aos três intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte.

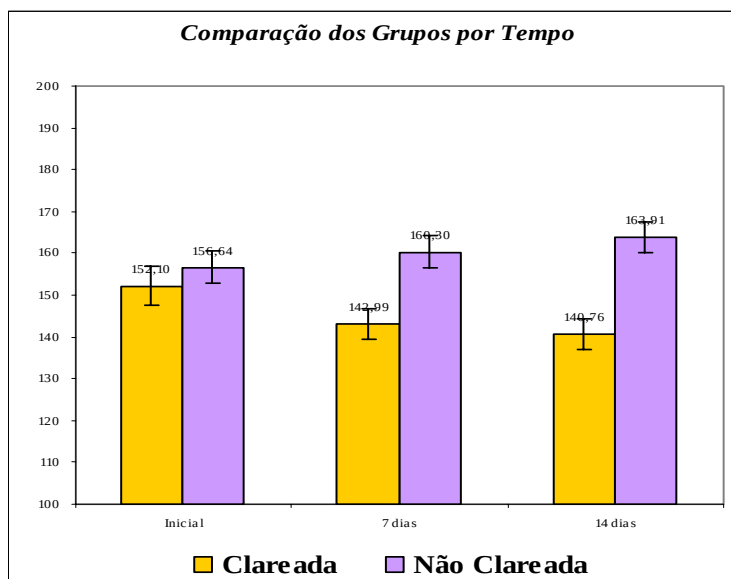


FIGURA 11 – Média e desvio padrão dos grupos em relação ao tempo de aplicação do agente clareador em esmalte

Pode-se verificar na Tabela 5 a interação dos fatores, comparando os resultados dos três intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte para cada um dos grupos.

Tabela 5 – Dados referentes ao fator interação tempo dos intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte para cada um dos grupos

Interação	Clareada			Não Clareada		
	Inicial	7 dias	14 dias	Inicial	7 dias	14 dias
Média	152,10	142,99	140,76	156,64	160,30	163,91
Mediana	155,15	145,15	144,445	154,99	161,54	165,105
Desvio	16,79	13,48	13,24	13,50	13,86	13,59
CV	11,0%	9,4%	9,4%	8,6%	8,6%	8,3%
Mínimo	109,54	115,48	114,72	131,23	134,36	140
Máximo	187,68	172,7	163,78	186,62	190,84	189,43
N	50	50	50	50	50	50
IC	4,65	3,74	3,67	3,74	3,84	3,77
p-valor		<0,001*			0,032*	

Pode-se observar que a diferença entre os intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte foi estatisticamente significativa

e que no grupo clareada os valores decaem a medida que aumenta o intervalo de aplicação do agente clareador. Já no grupo não clareada, as médias dos níveis de cinza aumentam ao longo dos intervalos de ação do agente clareador em esmalte.

Na Figura 12, apresenta as médias dos níveis de cinza dos três intervalos de aplicação do agente clareador em relação aos grupos.

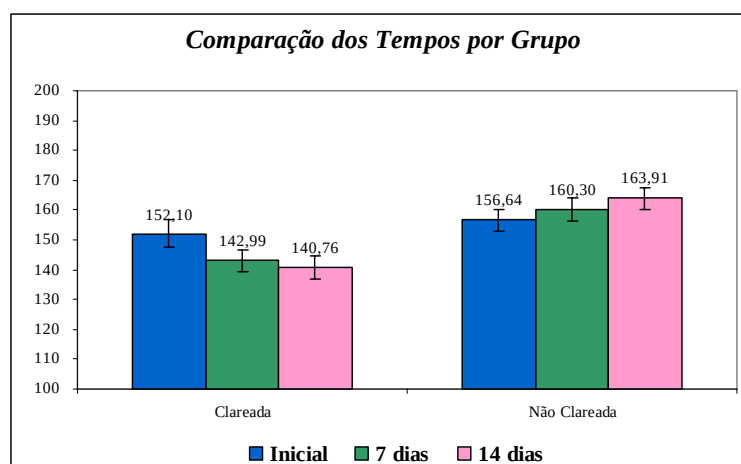


FIGURA 12 - Média e desvio padrão dos grupos em relação ao tempo de aplicação do agente clareador em esmalte

Pode-se verificar na Figura 12 que as médias dos níveis de cinza decrescem à medida que aumentam os intervalos de aplicação do agente clareador no grupo clareada e no grupo não clareada essas médias aumentam ao longo dos intervalos de aplicação do agente clareador.

Pela análise da Figura 13 observa-se que, a interação dos valores dos grupos e os diferentes intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte é considerada estatisticamente significativa e que os valores dos níveis de cinza decaem no grupo clareada a medida que aumenta os intervalos de aplicação do agente clareador. Já no grupo de não clareada, as médias de níveis de cinza aumentam ao longo do período.

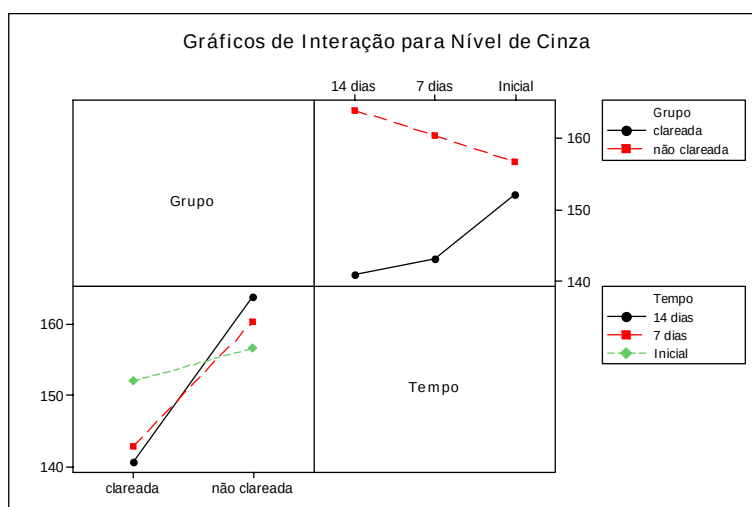


FIGURA 13 – Gráfico de médias para os dados da interação entre os intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte e os diferentes grupos

Depois de realizado a difração de raios X, os resultados são apresentados em forma de espectro, apresentado na Figura 14.

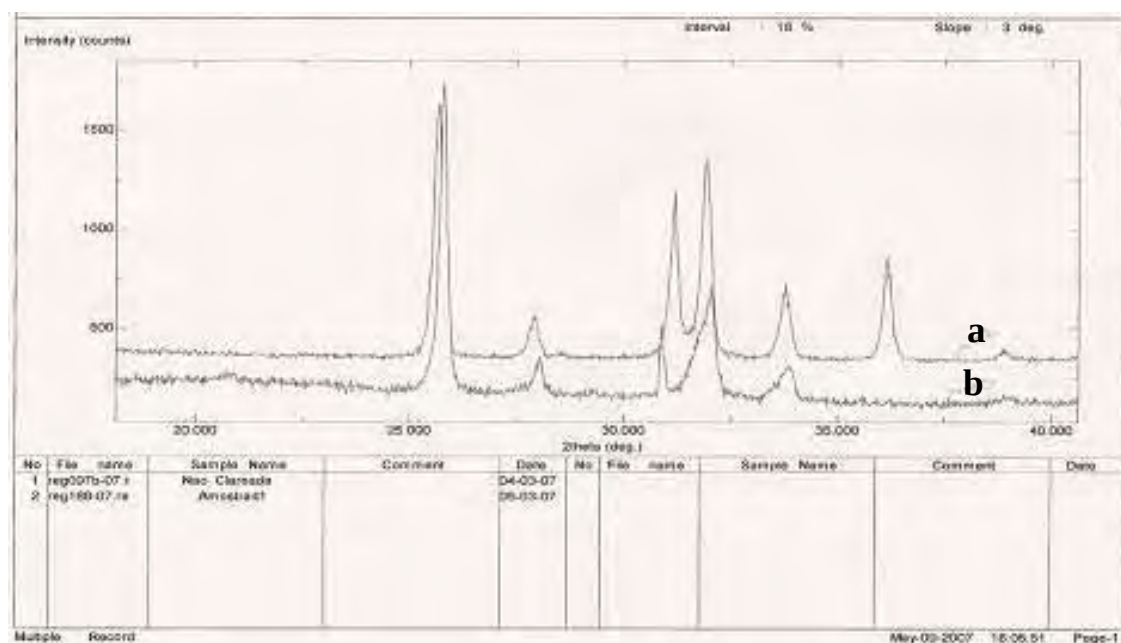


FIGURA 14 – Espectro difração de Raios X; a) face clareada; b) face não clareada.

Pode-se verificar na figura 14 os picos no espectro resultante da difração de raios X, referentes ao material do esmalte dentário, correspondente à apatita, caracterizando uma exposição de uma camada mais cristalina do esmalte dentário.

Pode-se observar na figura 15 e 16 a Análise Química por fluorescência de raios X. Esta apresenta os resultados em porcentagens dos constituintes do esmalte dentário nas faces clareadas e não clareadas.



comissão nacional de energia nuclear
 Instituto de pesquisas energéticas e nucleares
 Centro de Química e Meio Ambiente - CQMA / E-mail: centrat@ipen.br

10. Interessado : Dr. Nelson Batista Lima

12. Amostra : Face Amarela

11. Registro Geral Nº : 407/07

13. Nº páginas : 03/03

Junho/2005

Relatório de Ensaio

14. Analista :

15. Técnica Analítica :

16. Laboratório :

MSC. Marcos Antonio Scapin

Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (WDXRF)

Laboratório de Fluorescência de Raios-X

17. RESULTADOS :

Elem./Comp.	%				
Ca	74±3				
P	23±3				
Fe	2,0±0,5				
Cl	0,4±0,2				
S	0,7±0,2				
K	0,10±0,05				

FIGURA 15 – Análise química por fluorescência de raios X demonstrando os elementos químicos do esmalte dentário na face não clareada.

ipen comissão nacional de energia nuclear
instituto de pesquisas energéticas e nucleares
Centro de Química e Meio Ambiente - CQMA / E-mail: central@ipen.br

10. Interessado : Dr. Nelson Batista Lima 11. Registro Geral Nº : 406/07
12. Amostra : Face Branca 13. Nº páginas : 02/03

Junho/2005

Relatório de Ensaio

14. Analista : MSc. Marcos Antonio Scapin
15. Técnica Analítica : Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (WDXRF)
16. Laboratório : Laboratório de Fluorescência de Raios-X

17. RESULTADOS :

Elem./Comp.	%				
Ca	70±3				
P	27±3				
Fe	1,0±0,5				
Cl	0,8±0,3				
Zn	0,2±0,1				
S	0,03±0,01				
K	0,02±0,01				

FIGURA 16 – Análise química por fluorescência de raios X demonstrando os elementos químicos do esmalte dentário na face clareada.

Nas figuras 15 e 16 pode-se observar a diminuição de cálcio, ferro, estrôncio e potássio. Também é visto um aumento de fósforo e cloro comparando as faces não clareadas e após serem submetidas ao agente clareador.

6 DISCUSSÃO

Desde 1989 quando a técnica do clareamento de dentes vitais com protetor noturno foi apresentada a toda comunidade odontológica, o tratamento clareador tem sido apontado como uma alternativa conservadora para a melhora da estética do sorriso quando comparadas às facetas e a microrabrasão^{8 e 11}.

Apesar de autores afirmarem ser este um procedimento absolutamente seguro^{52, 72 e 53}, muitas dúvidas ainda são levantadas a respeito dos possíveis efeitos deletérios provocados pelos produtos à base de peróxido de hidrogênio e peróxido de carbamida utilizados para a remoção de manchas dentárias que são resultados de uma complexa interação física e química entre o dente e o agente causador dos manchamentos⁶¹.

Dessa forma as investigações vêm sendo realizadas com objetivo de esclarecer as desconfiças que ainda persistem em torno do procedimento que se tornou popular ao longo dos últimos 15 anos.

O primeiro elemento a ser observado seria a padronização da área de esmalte exposta ao agente clareador. Alguns estudos não tiveram o cuidado com a limitação da região de esmalte que seria clareada, desse modo não teríamos padronização nos grupos^{73 e 68}. No presente trabalho foi utilizada a face vestibular de dentes pré-molares como o grupo clareado e a face lingual como grupo controle, pois foi um grupo de dentes que possuiu a mesma composição embriológica e estrutural em seu tecido.

Bitter¹² ao avaliar microscopicamente as superfícies de esmalte clareadas não conseguiu observar um padrão para as alterações superficiais e responsabiliza a variação da calcificação dos dentes utilizados.

Os equipamentos utilizados para avaliar a perda mineral do esmalte decorrente do clareamento são os mais diversos: espectroscopia de absorção com raios dispersivos^{73 e 24}, espectroscopia de absorção de infravermelho, espectroscopia de infravermelho transformada de Fourier e Espectroscopia de difração de raios X¹⁹, espectroscopia eletrônica de análise química²², espectrofotômetro de Absorção atômica⁵⁹. Optou-se pela utilização de Espectroscopia de difração de raios X para avaliação da estrutura dos cristais do esmalte dentário e fluorescência de raios X que representam os teores dos elementos constituintes do esmalte submetido ao clareamento dentário.

Assim como as outras pesquisas que avaliaram a perda mineral do esmalte exposto aos materiais à base de peróxidos^{19, 22, 59, 67 e 73} os resultados deste estudo mostram que o material clareador ocasiona perdas de cálcio, ferro, estrôncio e potássio e aumento de fósforo.

Esse mesmo resultado foi encontrado por Adachi³, que mostrou que existe a perda de massa dentária com o uso do agente clareador caseiro a base de peróxido de carbamida a 10% com carbopol, além do clareador utilizado não ter um pH abaixo do ponto crítico para desencadeamento do processo de desmineralização do esmalte dentário humano.

Andrade⁴ afirmou que o pH dos agentes clareadores influenciou na perda mineral do esmalte humano, sendo que os clareadores com pH ácido resultaram em maiores perdas na quantidade de cálcio e fósforo das amostras.

A acidez dos agentes clareadores pode ser creditada a presença dos ácidos cítrico e fosfórico no clareador Ultra White e ácido acético no Natural White¹². O que também é observado no presente trabalho em aumento do fósforo na constituição do esmalte dentário após ser submetido ao agente clareador.

Baratieri et al.⁷ relataram que os produtos para clareamento dentário teriam ácidos fosfórico e cítrico em sua composição.

Dessa forma a vantagem da não necessidade de condicionamento ácido prévio ao clareamento na técnica de auto-aplicação^{49 e 51} tornando-se uma técnica mais conservadora, isso é questionável, já que a presença da substância desmineralizante foi incorporada ao gel clareador.

O segundo componente responsável pela acidez dos géis seria a característica química do espessante presente nos clareadores. O Carbopol é um ácido poliacrílico que apesar de ter um pH neutro, em meio aquoso se dissocia e passa a um pH de aproximadamente 3.0⁶². Além de agir como um composto desmineralizante, esse meio ácido criado pelo Carbopol propicia a liberação mais lenta do oxigênio e a degradação dos peróxidos é retardada em meios de baixo pH¹⁸.

Com a ação do agente clareador, *in vitro* ou *in vivo*, há aumento da solubilidade da hidroxiapatita, a qual forma os prismas de esmalte⁷⁷. Para Thylstrup e Fejerskov⁹⁵ essa é a causa do esmalte desmineralizado ser mais poroso, uma vez que as variações na porosidade do esmalte representam um indicativo de alterações no conteúdo mineral. A variação do conteúdo mineral acarreta maior facilidade na detecção radiográfica das lesões^{86, 41 e 65}, seja por achados de zonas radiolúcidas ou por comparação computadorizada dos valores de densidade óptica antes e depois da desmineralização.

Clansen e Aun²⁰ concordaram que a radiografia é de extrema importância para elaboração do diagnóstico, porém a falta de recursos complementares dificulta muitas vezes a elaboração do mesmo. Nesse sentido, a imagem digital vem se tornando um exame capaz de mostrar as mudanças estruturais não captadas pela radiografia convencional. As imagens digitais possuem a possibilidade de sofrer tratamento eletrônico melhorando a sua qualidade, alterando-se o contraste e o brilho, bem como a aplicação de outros recursos como a obtenção da densidade relativa da imagem por meio de uma linha, ponto ou área, complementado a interpretação²⁰.

O contraste radiográfico é o produto da absorção dos fótons de raios X pelas estruturas por elas atravessadas⁸⁴ e dependendo da intensidade com que a radiação atingir a célula do sensor CCD esta receberá um valor, quanto maior o valor maior o brilho da célula⁴⁸. Dotto et al.²⁹ avaliaram três diferentes valores de exposição aos raios X (0.025, 0.050 e 0,100 segundos), com o objetivo de que ficasse registrada na imagem radiográfica a perda mineral e concluíram que as imagens utilizadas com 0.025s e 0.050s de exposição foram as que visualmente apresentaram com uma escala de contraste média, levando em consideração a imagem das coroas dentárias, por esse motivo foi utilizado neste trabalho o tempo de exposição de 0.02 segundos, também baseado na mesma pesquisa, não foi utilizado o simulador para tecidos moles pois constataram que o simulador não exerceu nenhuma influência da detecção da perda mineral em nenhum dos valores de exposição aos raios X utilizados.

Apesar de Falcão et al.³³ e Guedes et al.⁴⁶ terem utilizado, em suas pesquisas, o formato jpeg (Joint Photographic Experts Group) para captar e armazenar as imagens digitais, nesta pesquisa, optou-se pelo formato TIFF (tagged Image File Format), pois foi comprovado, em estudos realizados por Gürdal et al.⁴⁷ que esse formato de arquivo digital permite o armazenamento e intercâmbio de informações de imagens digitais com menor perda de qualidade. É um formato muito conhecido para aquisição e armazenamento de arquivos digitais. Suas principais vantagens são: larga variedade de aplicações, pode ser ajustado às características de scanner, monitor ou impressoras e também um dos melhores formatos para armazenamento e troca de dados, sendo um dos mais utilizados no processo digital⁷⁹.

Pela análise da densidade óptica do valor dos pixels formadores da imagem radiográfica podem comparar materiais restauradores, analisar a qualidade da obturação de condutos radiculares

(Leal et al.)⁵⁶, ou ainda, utilizar desse recursos para analisar estruturas ósseas maxilares⁸¹ e dentárias, como esmalte e dentina coronários²⁸.

Comparando as médias do grupo que sofreu clareamento antes e após a aplicação do agente clareador em esmalte podemos verificar um decréscimo do valor dos pixels a medida que aumenta o tempo de intervalo das aplicações do agente clareador. A média dos valores dos pixels foi de 152, 10, 142,99 e 140,76 para os intervalos inicial, 7 dias e 14 dias de aplicação do agente clareador. Utilizando esses dados em um Teste T - Student pareado nos três intervalos, encontrou-se uma variação significativa com um $p < 0,05$. já no grupo controle houve um aumento do valor os pixels a medida que aumenta o tempo de intervalo das aplicações do agente clareador, sendo a saliva artificial como substância responsável pela a remineralização.

Apesar dos estudos *in vitro* simularem as condições do ambiente bucal deve-se salientar que a dinâmica da interação saliva/esmalte é um fator que não consegue ser totalmente reproduzido em pesquisas laboratoriais. Embora a saliva artificial utilizada em laboratório posa apresentar certa capacidade remineralizadora, a sua ação de limpeza e capacidade tampão podem minimizar os efeitos indesejados produzidos pelo clareamento dentário. Essas condições foram evidenciadas no estudo realizado por Justino et al.⁵⁴ que ao compararem a perda de cálcio causada por um clareador à base de peróxido de carbamida 10% *in situ* e *in vitro* constataram que a perda do elemento cálcio *in vitro* foi menor que a metade daquela encontrada na condição *in situ*. No presente estudo pode ser evidenciado a capacidade remineralizadora da saliva artificial, pois no grupo não clareado que estavam em contato com a saliva artificial, os níveis de cinza da densidade óptica das imagens radiográficas sofreram aumento durante os intervalos do tratamento.

Com relação à difração de raios X no presente estudo foi avaliado a perda dos compostos da estrutura do esmalte por difração de

raios X em função do tempo. Não havendo diferença entre o 1^o e o 14^o dia. Esse fenômeno pode ocorrer provavelmente pelo fato de que quando a camada mais superficial do esmalte é perdida durante uma aplicação do gel clareador, uma camada sub-superficial é exposta e esta camada sub-superficial possui a mesma composição mineral da camada mais externa⁸⁷ e mais cristalina, comprovando os resultados dos espectros da difração de raios X.

Otu e Gürkan⁶³; Pugh⁶⁹; ao utilizarem o peróxido de carbamida a 10% e 16% obtiveram resultados semelhantes ao deste trabalho que utilizou peróxido de carbamida a 18% e todos não apresentaram efeitos na estrutura do esmalte. Otu e Gürkan⁶³, quando utilizaram o peróxido de carbamida a 35% encontraram alteração na estrutura cristalina utilizando a difração de raios X.

Já nos estudos de Cimilli e Pameijer¹⁹ foram encontrados uma diferença na estrutura do esmalte utilizando material clareador nas concentrações de 15 e 16% na superfície do esmalte por meio da difração de raios X, discordando com a presente pesquisa. Entretanto, concordam com a perda de cálcio na superfície do esmalte dentário clareadas submetidas a agentes clareadores à base de peróxido de carbamida.

Tendo em vista a grande procura da população nos consultórios particulares pelo tratamento clareador, buscando uma melhora na estética, e de acordo com os resultados obtidos pelos métodos utilizados nesta pesquisa, podemos desaconselhar o uso indiscriminado do agente clareador, sem acompanhamento de um Cirurgião-Dentista, pois foi possível verificar a perda dos constituintes do esmalte dentário, ocasionando prejuízo para a sua composição.

7 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado este experimento, foi possível concluir que:

- a) a variação nos intervalos de aplicação do agente clareador em esmalte dentário têm influência sobre os valores de densidade óptica das imagens radiográficas iniciais, 7 dias e 14 dias;
- b) a variação da densidade óptica possibilitou avaliar a progressão da perda mineral em esmalte dentário nas imagens radiográficas pela ação do agente clareador;
- c) a difração de raios X mostrou que não houve mudança estrutural do esmalte dentário, embora tenha havido perda dos componentes inorgânicos, caracterizando uma exposição de uma camada mais cristalina na superfície do esmalte.

8 REFERÊNCIAS

1. Abidu_Figueiredo M, Braz VS, Braga VA. Aspectos morfológicos das bandas de Hunter-Schreger no esmalte dentário do cão pela análise espectral de Fourier. Rev Universidade Rural Série Ciências da Vida-Univ Fed Rural Rio de Janeiro. 2002, 22(1): 61-4.
2. Achheim KW, Dale BG. Esthetic dentistry: a clinical approach to techniques and materials. St Louis: Mosby; 2001.
3. Adachi EM. Estudo *in vitro* da perda de massa dental humana com o uso de agente clareador caseiro à base de peróxido de carbamida a 10%, comparado ao condicionamento com ácido fosfórico a 37%, utilizando o método radiométrico [tese]. São Paulo: Faculdade de Odontologia, USP; 2001.
4. Andrade AP. Efeito da técnica de clareamento no conteúdo mineral do esmalte dental humano [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Odontologia, USP; 2005.
5. Attaelmanan AG, Borg E, Gröndahl H.G., Signal-tonoise ratios of 5 intraoral digital sensors. Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001 May, 91(5): 611-15.
6. Azevedo Jr. WF. Difração de raios X, Laboratório de Sistemas Biomoleculares. São José do Rio Preto: Departamento de Física-Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - UNESP; 2004.
7. Baratieri LN, Monteiro Junior S, Andrada MAC, Vieira LCC. Clareamento dental. São Paulo: Ed.Santos; 1994.

* Baseado em:

International Comitê of Medical Journal Edit. Bibliographic Services Division. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals: simple referents [homepage na Internet]. Bethesda: US National Library; c2003 [disponibilidade em 2006 fev; citado em 20 mar.]. Disponível em: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

8. Baratieri LN, Monteiro Junior S, Andrada MAC, Vieira LCC; Ritter AV; Cardoso AC et al. Odontologia restauradora: fundamentos e Possibilidades: Santos; 2001.
9. Barcova K, Mashlan M, Zboril R, Filip J, Podjuklova J, Hrabovska K, Schaaf P. Phase composition of steel-enamel interfaces: effects of chemical pre-treatment. [texto na internet] Surface Coatings Technol, v, 201, n.3/4,p.1836-44, Oct, 2006.
10. Barros AM. Física moderna – mito e ciência. [texto na Internet]. São Paulo Engenharia de Materiais EPUSP; [atualizado em 10 maio 2001] Disponível: <http://www.comciencia.br>.
11. Bartlett D. Bleaching discoloured teeth. Dent Update 2001 Jan./Feb.;28(1):14-8.
12. Bitter NC. A scanning electron microscopy study of the effect of bleaching agents on enamel: a preliminary report. J Prosthet Dent. 1992, June; 67 (6): 852-5.
13. Braun A, Jepsen S, Krause F. Spectrophotometric and visual evaluation of vital tooth bleaching employing different carbamide peroxide concentrations. Dent Mater. 2007 23:165-9.
14. Busato ALS, Macedo RP, Panitz P, Salvi J, Marco M, Sari M, et al. Clareamento de dentes escurecidos. Rev Gaúcha Odontol. 1986 nov/dez;34(6):497-500.
15. Cardoso SO, Vieira PAA. Efeitos adversos das técnicas de clareamento de dentes vitalizados sobre a estrutura dental e periodonto de proteção. Rev Esc Farm Odontol Alfenas. 1997 jan/dez.; 19: 19-26.
16. Casanova MLS, Haiter Neto F, Oliveira AEF. Avaliação da qualidade das imagens digitais panorâmicas adquiridas com diferentes resoluções. PGRO – Pós-Grad Rev Odontol, v.5, n.2, p.23-8, maio/ago. 2002.

17. Cavalli V, Arrais CAG, Giannini M, Ambrosano GMB. High-concentrated carbamide peroxide bleaching agents effects on enamel surface. *J Oral Rehabil.* 2004, 31(2):155-9.
18. Chen JH, Xu JW, Shing CX. Decomposition rate of hydrogen peroxide bleaching agents under various chemical and physical conditions. *J Prosthet Dent.* 1993 Jan.; 69(1):46-8.
19. Cimilli H, Pameijer CH. Effect of carbamide peroxid bleaching agents on the physical properties and chemical composition of enamel. *Am J Dent.* 2001 Apr.; 14(2): 63-6.
20. Clasen NF, Aun CE Radiografia digital direta: análise dos principais sistemas e recursos. *Rev Odontol UNICID.* 1998 jul./dez; 10(2): 109-20.
21. Costa C, Davidowicz H, Ortolani-Faltin CLF, Saraceni CHC. Avaliação das densidades das estruturas dentárias obtidas de imagens radiográficas digitalizadas, utilizando-se a escala de níveis de cinza. *Rev Inst Cienc Saúde.* 2003 jul./set.; 21 (3):317-22.
22. Covington JS, Firend GX, Lamoreaux WJ, Perry T. Carbamide peroxide tooth bleaching: effects on enamel composition and topography [abstract 530]. *J Dent Res.* 1990; 69 (sp issue):175.
23. Craievich A F, Rodrigues B.; *J. Phys.* 1997. São Paulo. Dez 27(4).
24. Crews KM. Ducan D, Lentz D, Gordy FM, Tolbert B. Effect of bleaching agents on chemical composition of enamel. *Miss Dent Assoc J* 1997, 53(1):20.
25. Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching-a critical review of the biological aspects. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2003, 14(4):292-304.
26. Damate JH, Freitas JAS, Tavano O, Alavares LC. Interpretação Radiográfica. In: __Alvares LC, Tavano O. Curso de radiologia em Odontologia. São Paulo: Ed. Santos; 2000. p129-59.
27. Dental Prod Report. 2002 Nov,: 36-44. Disponível em <http://www.drlarryemmott.com/pdfs.com/Emmott%20Nov%2002.pdf> acesso: 10 maio 2007.

28. Dotto GN. Subtração digital radiográfica: Identificação precoce de perdas minerais em esmalte. [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2003.
29. Dotto GN, Costa NP, Veeck EB. Diagnóstico radiográfico *in vitro* de cáries remanescentes utilizando imagens digitalizadas. Rev Odonto Ciência. 2001 maio/ago.; 16(33): 146-55.
30. Dotto GN, Moraes LC, Moraes MEL, Siqueira OV. Análise da perda mineral em esmalte proximal por meio de radiografia digital direta e microscopia eletrônica de varredura. Rev Odonto Ciência – Fac. Odonto/ PUCRS. 2004 abr/jun;19(44):186-91.
31. Eliades G, Palaghias G, Vougiouklakis G. Effect of acidic conditioners on dentin morphology, molecular composition and collagen conformation in situ. Dent Mater. 1997 Jan.;13: 24-33.
32. Emmott L. A guide to managing digital images in dentistry. Det Poducts Report. 2002, Nov.
33. Falcão AFP, Sarmiento VA.; Rubira IRF. Valor legal das imagens radiográficas digitais e digitalizadas. R Ci Méd Biol. 2003 jul/dez, 2(2): 263-8.
34. Feinman RA. Reviewing vital bleaching and chemical alterations. J Am Dent Assoc. 1991 Fev.; 122(2): 55-56.
35. Ferracane JL, Greener, EH. Fourier transform infraed analysis of degree of polymerization in unfilled resis-methods comparison. J Dent Res. 1984 Aug.; 63(8):1093-5.
36. Ferreira FBA, Silva e Souza PAR, Vale MS, Tavano O. Radiopacidade de cimentos endodônticos avaliada pelo sistema de radiografia digital. Rev FOB. 1999 jan/jun;7(1-2):55-60.
37. Ferreira RA. Odontologia em imagens. Rev Assoc Paul Cir Dent. 1996 maio/jun; 50(3):218-28.
38. Ferreira RI, Arriaga ML, Campos PSF, Panela J. Radiografia de subtração digital. RPG-Rev Pós Grad. 1990 jul/set, 6(3): 249-52.

39. Física: história dos raios X. [texto Internet]; [citado em 11 dez. 2006] [aproximadamente 3p.]. Disponível em: <http://www.geocities.com/capecanaveral/7754/raio-x.htm>
40. Flaitz CM, Hicks MJ. Effects of carbamide peroxide whitening agents on enamel surfaces and caries-like lesion formation: an SEM and polarized light microscopic in vitro study. ASDC J Dent Child 1996 July./Aug.;21(4):249-56.
41. Freitas L, Freitas A, Fernandes JMN, Varoli OJ. Física das radiações. In:___Freitas A, Rosa JE, Souza IF. Radiologia Odontológica. São Paulo: Artes Médicas; 2000. Secção I, Cap.2, p.13-22.
42. Ginebra MP, Fernández E, Maeyer EAP, Verbeeck RMH, Boltong MG, Ginebra J et al. Setting reaction and hardening of an apatitic calcium phosphate cement. J Dent Res. 1996 Oct.; 76(4): 905-12.
43. Glusker JP, Trueblood KN. Crystal Struture Analusis A Prime. New York: Oxford University Press;1985.
44. Goldstein GR, Kiremidjian-Schumacher L. Bleaching: Is it safe and effective. J Prosthet Dent. 1993 Mar.; 69(3):325-8.
45. Goldestein RE, Garber DA. Complete dental bleaching. Chicago: Quintessence; 1995.
46. Guedes FR et al. Avaliação da capacidade dos cirurgiões dentista em identificar manipulações em imagens radiográficas digitais. Rev ABRO. 2004; 5(2): 44. Apresentado no 2^o Congresso Odontológico Internacional de Odontologia da UNICAMP e XI Jornada Odontológica de Piracicaba ,2004.
47. Gürdal P, Hildebolt CF, Alkadeniz BG. The effects of different image file formats and image-analysis software programs on dental radiometric digital evaluations [resumo]: Dentomaxillofac Radiol. 2001 Jan.; 30(1): 50-5.
48. Haiter Neto F, Oliveira AE, Tuji FM, Rocha AS. Estágio atual da radiografia digital. Rev ABRO. 2000 set/dez.;1(3):1-6.

49. Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. Quintessence Int. 1992; 23(7):471-88.
50. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. Quintessence Int. 1989;20(3):173-6.
51. Haywood VB, Leech T, Heymann HO, Crumpler D, Bruggers K. Nightguard vital bleaching: effects on enamel surface texture and diffusion. Quintessence International. 1990, 21(10):801-4.
52. Hunsaker KJ, Christensen GJ, Christensen RP. Tooth bleaching chemicals - influence on teeth and restorations [abstract 1558]. J. Dent. Res. 1990;69(suppl):303.
53. Joiner A, Thakker, G. In vitro evaluation of a novel 6% hydrogen peroxide tooth whitening product. J Dent 2004; 32 Suppl 1:19-25.
54. Justino, LM; Tames DR; Demarco FF. In situ and in vitro effects of bleaching with carbamide peroxide on human enamel. Oper Dent. 2004; 29(2): 219-25.
55. Kugel G, Papathanasiou A, Williams AJ 3RD, Anderson C, Ferreira S. Clinical evaluation of chemical and light-activated tooth whitening systems. Compend Contin Edu dent., v.27, n.1, p.54-62, Jan 2006.
56. Leal ATS, Costa NP, Veeck EB, Sarmiento VA. Avaliação de condutos radiculares obturados por diferentes técnicas, utilizando radiografias digitalizadas: estudo *in vitro*. Rev. Odonto Ciência. 2001 jan/abr, 16(32): 17-26.
57. Leighton RB. Principles of modern physics. New York: Mc Graw-Hill Book; 1959. Cap.12, p.405-6.
58. Mana M, Quali MS, Menorval LC. Removal of basic dyes from aqueous solutions with a treated spent bleaching earth. J Colloid Inter Sci. 2007, Mar.; 307(1):9-16.
59. McCracken MS, Haywood VB. Desmineralization effects of 10 percent carbamide peroxide. J Dent. 1996, 24(6):395-8.

60. Medeiros MA. Difração de raios X.[texto Internet].[citado em 9 jun.2004]. Disponível em: [http://www. Qui procura 2002](http://www.Qui procura 2002), acesso: 10 dezembro de 2006
61. Nathoo AS. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. J Am Dent Assoc. 1997 Apr.;128: 6S-10S.
62. Neveon Pharmaceutical. Carbopol® 716 NF [texto on line];[cited 2006 Jan. 2006]. Disponível em: [URL:http://www.pharma.noveoninc.com](http://www.pharma.noveoninc.com)
63. Oltu Ü, Gürkan S.Effects of three concentrations of carbamide peroxide on the struture of enamel. J Oral Rehabilitation. 2000 April, 27(4):332-7.
64. Parissis N, Kondylidou-Sidira A, Tsirlis A, Patias P. Conventional radiographs vs digitized radiographs: image quality assement. Dentomaxillofac Radiology. 2005 June, 34: 353-6.
65. Pasler FA, Visser H. Radiologia odontológica: procedimentos ilustrados. Trad. J.P. Stein. 2 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2001.331p
66. Pereira BR, Souza PHC, Westphalen, FH. Estudos dos níveis de cinza da densidade óssea mandibular mediante radiografias convencionais digitalizadas. Rev Odonto Ciência – Faculdade Odontologia/PUCRS. 2004 abr/jun, 19(44):176-9.
67. Potocnik I, Kosec L, Gaspersic D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure and mineral content. J Endod. 2000 Apr.; 26(4): 203-6.
68. Powell LV, Bales DJ. Tooth bleaching: its efect on oral tissues. J Am Dent Assoc.1991 Nov,122: 50-4.
69. Pugh G Jr, Zaidel L, Lin N, Stranick M, Bagley, D. High levels of hydrogen peroxide in overnigth tooth-whitening formulas: effects on enamel and pulp. J. Esthet Restor Dent. 2005; 17(1): 40-5.
70. Reedy MS. Radiographic Methods in the evaluation of periodontal therapy. J Periodontol 1992, 63: 1078-84.
71. Ribeiro M; Bastos FA; Pereira GDS. Manual clínico e teórico de clareamento dental.Rio de Janeiro: Guanabara Koogan;2003.

72. Ritter AV, Leonard RH Jr, St georges AJ, Caplan DJ, Haywood VB. Safety and satability of nightguard vital bleaching: 9 to 12 years post-treatment.[abstract on line] J Esthet Restor Dent. 2002 [cited 13 Mar.2007], 14(5):275-85.
73. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. J Endod. 1996 Jan.; 22(1):23-5.
74. Santos CA. Conceitos elementares de raios X. [texto Internet]; [citado em 26 mar 2007].Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/fis142/raios/rxconc.html>
75. Saravia DC, Hamaguchi H, Ono LK. Reprodução de experimento de raios X: difração, emissão, fluorescência e absorção. Física experimental V (estrutura da matéria) [texto internet]; [citado em 26 mar 2007] Instituto de Física – FNC 313. Física, USP sd.
76. Seale NS, Wilson CFG. Pulpal response to bleaching of teeth in dogs. Pediatr Dent.1985, Sept.; 7(3):209-14.
77. Seghi R R, Denry, I. Effects of external bleaching on indentation and abrasion chacacteristics of human enamel in vitro. J Dent. Res.1992 June.; 71(6):1340-44.
78. Shannon H, Spencer P, Gross K, Tira D.Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents.Quintessence Int.1993, 24(1): 39-44.
79. Soares MG. Manipulação em imagens radiográficas odontológicas digitais e digitalizadas e a certificação digital [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2006.
80. Soremark R, Samsakl K. Gamma-ray spectometric analysis of elements in normal human enamel. Arch Oral Biol. 1961,6(5):275-83.
81. Souza, CJA et al. Controle da remoção da cárie dental através da subtração de imagem radiográfica computadorizada. Rev Assoc Brás Odontol Nac, v.5, n.6, p.313-6, out/nov. 1997

82. Souza PHC, Costa MP, Puppim AAC. Análise óptica da densidade óssea retromolar mandibular por meio de imagens digitalizadas, utilizando simuladores de tecidos moles. Rev Odonto Ciênc. 1999, 14(28): 27-53.
83. Strassler HE, Scherer W, Calamia JR. Carbamide peroxide at-home bleaching agents. New York State Dent J., 1992 Apr.; 58(1):30-5.
84. Tamburús JR. Radiopacidade de resinas compostas. Rev Odont USP. 1990 abr/jun, 4(2): 103-7.
85. Tanizawa, Y. Reaction characteristics of a tooth-bleaching agent containing H₂O₂ and NaF: in vitro study of crystal structure change in treated hydroxyapatite and chemical states of incorporated fluorine.[text on line] Tokyo: Analytical Research Center; [cited 16 Jan. 2007]. [abat 9p].
86. Tavano O, Dezoti MSG, Iwaki LCV. Comparação entre a densidade óptica obtida pelo método convencional e densidade radiográfica obtida pelo programa Adobe photoshop 5.0 em filmes radiográficos Kodak TMS-1. Rev ABRO. 2000 maio/ago.; 1(2):7-14.
87. Ten Cate AR. Histologia bucal: desenvolvimento, estrutura e função. 5ed. Trad. Maleri AD. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.
88. Thilstrup, A; Fejerskov, O. Diagnóstico radiológico no tratamento de cáries dentária. In: __. Cariologia clínica. Trad. S.R.L. Maíke. São Paulo: Ed. Santos; 1995.p374-381.
89. Titley K, Torneck CD, Smith D. The effect of concentrated hydrogen peroxide solutions on the surface morphology of human tooth enamel. J Endod. 1998 Feb.; 14(2):69-74.
90. Trueblood KN, Gusker JP. Crystal Structure Analysis A Prime. New York: Oxford University Press; 1985.
91. Vale IS, Bramante AS, Bramante CM. Fator de distorção da placa óptica do sistema de imagem digital Digora. Rev Assoc Paul Cir Dent. 1988 jul/ago.; 52(4):280-3.

92. Van Vlack L H Princípios de ciência dos materiais, trad pelo Eng. Ferrão. São Paulo:, Edgard Blücher; 1970.
93. Wang X, Klocke A, Mihailova B, Stosch R, Güttler B, Bismaye U. Effect of bleaching on dental hard tissues: A Raman and IR espectroscopis study. Key Eng Mater. 2007, 330-2(2): 1405-8.
94. Zalkind M, Arwaz JR, Goldman A, Rotstein I. Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum folowing bleaching: a scanning electron microscopy study. Endod Dent Traumatol. 1996, 12(1-3):82-8.

ANEXO

  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
CAMPUS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

Av. Eng. Francisco José dos Santos, 779 - Jd. São Carlos
CEP: 13201-970 - F. (12) 8967-9428

 **CERTIFICADO**
Comitê de Ética em Pesquisa-Local

CERTIFICAMOS, que o protocolo nº **086/2005-PH/CEP**, sobre **"Avaliação da desmineralização dentária por meio da densidade óptica em dentes submetidos a clareamento exógeno"**, sob a responsabilidade de **GISELE LEITE RUVIARO**, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa, envolvendo seres humanos, conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa

São José dos Campos, 29 de novembro de 2005.



Profa. Dra. Suely Carvalho Mutti Naressi
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa-Local

Ruviaro GL. Avaliação da desmineralização dentária por meio da densidade óptica e difração de raios X em dentes submetidos a clareamento exógeno [dissertation]. School of Dentistry of São José dos Campos. UNESP – São Paulo State University; 2007.

ABSTRACT

Is objective this work evaluate the dental demineralization for fifty teeth premolar humans when submitted the bleaching exogenous for half a from density optical radiographic and verify if he got or not shakeup structural of the enamel dental for half a from diffraction of x-rays. The elements dentals were radiograph , with the system digital RVG (Trophy, Vicennes, França) and appraised as to the density optical radiographic at image editing package Adobe Photoshop 7.0. The states was analyzed for diffraction of x-rays getting - if the sequel fit of spectrum. The result from density radiographic were submitted the analysis statistics Anova & test T student. For half a from the results obtained verifies - if as the values of density optical differ among the intervals initial , 7 days and end from application of the agent bleaching ($p=0,001$). Was possible accomplish what the variation on the intervals of application of the agent bleaching in enamel dental they have influence on the subject of the values of density optical of the images radiographic you start , 7 days and ends and that this method allow access the progression from loss mineral in enamel dental. With the diffraction of x-rays showed that there was no shakeup structural of the enamel dental, though it may have been loss from the components inorganic featuring an exposition from a layer more crystal-clear on surface of the enamel.

KEYWORDS: *Detal bleaching; optics density; X raydiffraction; dental enamel.*