



Universidade Federal do ABC

**UFABC - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC**  
**CECS – Centro de Engenharia e Ciências Sociais**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**AMANDA GABARRON PERUGINE**

**EFEITOS PROMOVIDOS NO ESMALTE DENTAL  
SUBMETIDO AO PROCESSO DE CLAREAMENTO *IN*  
*OFFICE* EMPREGANDO-SE LASER E LED**

SÃO BERNARDO

2017

AMANDA GABARRON PERUGINE

**EFEITOS PROMOVIDOS NO ESMALTE DENTAL  
SUBMETIDO AO PROCESSO DE CLAREAMENTO *IN  
OFFICE* EMPREGANDO-SE LASER E LED**

Trabalho apresentado como requisito para  
obtenção de grau de bacharel em Engenharia  
Biomédica pela Pró Reitoria de graduação da  
Universidade Federal do ABC. **Orientadora:**  
Profa. Dra. Patricia Aparecida da Ana

SÃO BERNARDO

2017



CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
TRABALHO DE GRADUAÇÃO III

Ao Coordenador do Trabalho de Graduação da Engenharia Biomédica.

**Avaliação do Trabalho de Graduação TG3 - TCC:**

Discente(s):	Amanda Gabarron Perugine
RA.	11003011
Título:	Efeitos promovidos no esmalte dental submetido ao processo de clareamento in office empregando-se laser e led
CONCEITO:	A

A banca composta pelos membros decidiu atribuir o conceito A ao referido aluno, tendo assim, o mesmo, preenchido os requisitos referentes ao Trabalho de Graduação.

Este conceito será considerado para TGIII somente após a entrega da Versão Final Corrigida à Coordenação de Trabalho de Graduação da Engenharia Biomédica.

A banca foi composta pelos membros:

Prof. Dr. Patrícia Aparecida da Ana (Orientador)

Prof(a). Dr(ã). Ilka Tiemy Kato Prates

Prof(a). Dr(a). Frederico Augusto Pires Fernandes

**Parecer**

Foram feitas sugestões para melhoria do exemplar, que a discente se compromete a entregar em tempo.

São Bernardo do Campo, 14 de AGOSTO de 2017.

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho de graduação ao meu falecido avô, que com seu amor e história devida – sentado ao meu lado no sofá, assistindo ‘O Rei Leão’ pela milésima repetida vez – me ensinou que: “uma jornada de mil quilômetros, começa com um primeiro passo”.*

## AGRADECIMENTOS

*Inicialmente, dedico este trabalho de graduação a professora Patricia, que muito mais do que uma orientadora, soube me guiar no início de minha carreira acadêmica em todos os momentos mais difíceis, e que me proporcionou minhas maiores conquistas, e que no momento certo, soube me ensinar a trilhar meu próprio caminho atrás dos meus sonhos, e oferecer um ombro amigo sempre que necessário.*

*Agradeço aos meus pais, Henrique e Eliana, por proporcionarem a oportunidade de chegar até este lugar e este momento, por acreditarem e incentivarem minhas vontades desde menina e terem paciência sempre que eu tive dúvida sobre qual caminho seguir. Independente do que esteja acontecendo em nossas vidas, vocês sempre serão meu grande orgulho e meu melhor espelho. Amo muito vocês.*

*Agradeço a todos os meus amigos, aqueles mais próximos do dia a dia, que a organização de um churrasco me deu, e me tornaram meu grande porto seguro e meus irmãos de escolha, aos mais distantes que foram capazes de mostrar empatia nos momentos mais duros. Obrigada por cada palavra amiga, por cada momento de diversão, cada chacoalhão, cada fita isolante colada no para-choque do queijinho, cada cama emprestada, cada animal de estimação de gênero duvidoso emprestado pra apertar, cada meme na madrugada e cada história pra contar pros netos que vou levar. Em especial, agradeço ao meu querido amigo Suco, que foi um anjo do Matlab e salvou este trabalho, te devo uma vida amigo.*

*Agradeço a todos os docentes e técnicos que fizeram com que minha graduação tenha sido a melhor possível mesmo com os problemas que temos enfrentado nos últimos tempos. Obrigada pelo tempo de dedicação por todo o esforço, e por permitirem que eu pudesse compartilhar desse conhecimento. Aos meus queridos docentes, fica aqui meu perdão por as vezes falar um pouco demais.*

*Agradeço por fim, toda minha família pelo apoio e a todos que de alguma forma, se fizeram importantes ao longo desses anos de graduação que aqui se encerram.*

*Obrigada!*

*“Três paixões, simples, mas irresistivelmente fortes,  
governam minha vida: o desejo imenso de amar,  
a procura do conhecimento e a insuportável compaixão  
pelo sofrimento da humanidade”*

*Bertrand Russel*

## RESUMO

O clareamento dental trata-se de um procedimento comum, sendo lançados diariamente no mercado novos produtos e técnicas. Dentre tais variações técnicas, discute-se muito a importância de se empregar fotoativação ou não do gel clareador durante o clareamento *in office*, assim como a necessidade de luz coerente neste processo. Assim, este estudo objetivou avaliar as variações composicionais, de rugosidade, de cor e de microdureza decorrentes do processo de clareamento dental realizado em consultório, variando-se as fontes de luz, entre laser e LED. Para tal, foram empregados 30 dentes incisivos bovinos, os quais foram submetidos a um processo de escurecimento, e tiveram suas composições química, de microdureza, de cor e de rugosidade avaliados inicialmente. Em seguida, as amostras foram aleatoriamente distribuídas em 3 grupos experimentais distintos (n=10), nos quais um único gel foi ativado por diferentes comprimentos de onda de luz, empregando-se um laser vermelho ou um LED azul. Após os tratamentos, os espécimes foram novamente avaliados conforme descrito acima. Evidenciou-se que a aplicação do gel clareador, associado ou não a diferentes fontes de luz, não altera significativamente a microdureza superficial; contudo, foram observadas alterações na rugosidade e na composição do esmalte dependendo da fonte de luz empregada. Todas as técnicas testadas promoveram alterações de cor similares entre si. Desta forma, pode-se concluir que os tratamentos propostos não ocasionam danos microestruturais no esmalte, assim como o comprimento de onda ou tipo da fonte de luz não alteram o processo de clareamento dental *in office*.

## PALAVRAS CHAVE

esmalte, clareamento, peróxido de hidrogênio, laser, LED.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 O Esmalte Dental .....	13
3.2 Processo de Clareamento Dental .....	15
3.3 Utilização de Agentes Fotossensíveis no Processo.....	18
3.4 O Laser e o LED como agentes fotossensíveis .....	21
3.5 A visão – uma breve introdução.....	27
3.6 O dente e a visualização da cor – A escala CIELAB.....	30
3.7 Efeitos da fonte de luz na rugosidade dentária .....	32
4. METODOLOGIA .....	35
4.1. Delineamento experimental .....	35
4.2 Preparo das Amostras .....	36
4.3 Escurecimento das amostras .....	37
4.4 Caracterização das fontes de luz e do gel clareador .....	39
4.5 Análise de Cor.....	40
4.6 Análise de rugosidade superficial.....	41
4.7 Análise de Microdureza superficial.....	42
4.8. Análise Composicional – FTIR.....	43
4.9 Grupos Experimentais e Processo de Clareamento .....	44
4.10. Avaliações após os tratamentos .....	47
4.11 Análise Estatística.....	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
5.1 Análise de Microdureza.....	48
5.2 Análise de Rugosidade Superficial Média .....	52
5.3 Análise composicional .....	55
5.4. Analise dos espectros de absorção do gel e de emissão das fontes de luz .....	63
5.5 Análise de diferença de cor .....	67
6. CONCLUSÃO.....	75
7. Referências Bibliográficas .....	75
ANEXO 1 .....	82

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, devido à influência da mídia e à mudança nos padrões culturais da sociedade em geral, percebeu-se uma grande valorização da imagem e dos padrões estéticos, e uma crescente procura de uma determinada 'beleza ideal', associada à procura de uma aparência sempre jovem. Essa procura está associada ainda à autoestima dos indivíduos, que aparentam ter melhor saúde e qualidade de vida quando satisfeitos com sua aparência física.

A mudança nesses padrões culturais gerou um aumento crescente na procura dos tratamentos estéticos como cirurgias plásticas, aplicação de Botox, drenagem linfática, massagens localizadas, aplicação de cremes, clareamento de pele e de dentes, dentre outros.

O clareamento dental visa melhorar a aparência dos dentes e, conseqüentemente, do sorriso. Essa técnica consiste em uma microlimpeza do esmalte dental (tecido avascular mineralizado exposto à cavidade oral). Para o tratamento efetuado em consultório odontológico, utiliza-se um gel à base de peróxido de hidrogênio sobre os dentes. Esta substância é capaz de reagir, por difusão, com os pigmentos orgânicos presentes no dente que causam a aparência escurecida dos dentes, numa reação de oxirredução. Esses pigmentos sofrem a ação dos íons, principalmente o peridroxil, resultantes da degradação do peróxido de hidrogênio. Essa ação gera uma quebra dos pigmentos orgânicos em moléculas menores e mais simples, hidrofílicas e laváveis, que são facilmente removidas da estrutura do dente com uso de

água. Apesar da existência de inúmeros sistemas de clareamento dentário diferentes, o mecanismo de ação deles será, essencialmente, o mesmo (BARATIERI, 2001, JOINER, 2006).

Dados recentes de literatura afirmam que as técnicas de clareamento realizadas em consultório são mais eficientes quando associadas à aplicação de uma determinada fonte de luz (LED, laser ou lâmpadas halógenas). De acordo com Buchalla e Attin (BUCHALLA, 2007), a luz gera uma excitação direta do peróxido de hidrogênio, causando maior liberação dos íons hidroxila, o que acelera a reação de oxirredução presente. Essa excitação pode vir da fotólise ou por termocatálise (o aumento de temperatura/calor causa o efeito esperado). Recentes estudos confirmaram também que as fontes mais eficazes e seguras são fontes LED e fontes de laser (SUN, 2000, LUK, 2004).

De acordo com a literatura (SULIEMAN, 2005), os efeitos que a luz causa no dente, decorrente do aumento de temperatura, não oferecem riscos aos tecidos vascularizados do dente, isto é, polpa e ligamentos periodontais. Além disso, estes autores relatam que as modificações na estrutura dos tecidos duros, como aumento de rugosidade e microdureza são mínimas, garantindo a segurança técnica. A associação de fontes de luz aos géis clareadores, além de ser uma técnica de clareamento segura e eficaz, gera um maior conforto ao paciente, uma vez que esse despenderá menos tempo no consultório para obter o efeito desejado.

Por outro lado, alguns pesquisadores (COUTINHO, 2009) acreditam que a aplicação dessas fontes de luz não gera diferença significativa nos resultados do tratamento quanto a eficácia deste, ou seja, a alteração de cor; além disso outros autores (HEYMANN, 2005, GOKAY, 2011) mostraram que o emprego

de fontes de luz nas técnicas de clareamento dentário pode causar danos no dente devido à variação de temperatura do tecido pulpar. Outros estudos (GOMES, 2009, RIEHL, 2007) *in vitro* e *in vivo* mostraram que as diferentes fontes de luz aplicadas juntamente com o gel clareador não apresentaram diferenças significativas quanto a variação de cor, quando comparadas com as técnicas que não exigem aplicação de luz. Além disso, estes autores acreditam que a energia necessária para que a reação ocorra é muito alta, o que pode causar danos ao tecido pulpar. De acordo com Hein *et al.* (HEIN, 2003) aumento de temperatura do gel clareador associado às fontes de luz estudadas (luz halógena e ultravioleta) era arriscado para o dente e não provocou a decomposição esperada do peróxido de hidrogênio. Sendo assim, estes autores acreditam que a aplicação de luz em processos de clareamento pode danificar a saúde dental e não gera resultados eficientes e, portanto, é uma prática que não deve ser utilizada.

Atualmente não existe um consenso quanto aos benefícios ou riscos que a aplicação de fonte de luz associada às técnicas de clareamento dentário pode causar. Esse constante conflito entre a comunidade científica, associado à maior demanda da sociedade em melhorar a estética dentária com tratamentos eficazes e rápidos, gera o interesse em estudar a real eficácia das luzes aplicadas em associação aos tratamentos de clareamento dentário, assim como determinar se fatores como a coerência, colimação e comprimento de onda interferem nos resultados obtidos, o que motivou a realização do presente estudo.

## 2. OBJETIVOS

O estudo teve como objetivo comparar técnicas de clareamento dental, com ou sem a emissão de luz laser ou LED, associada à aplicação de um gel clareador, determinando quais as possíveis alterações microestruturais nos dentes estão envolvidas nos processos testados. Objetivou-se avaliar as alterações de cor, assim como os aspectos de rugosidade, de microdureza superficial e variações composicionais das amostras após o processo de clareamento. Estes resultados possibilitarão determinar a eficácia das diferentes fontes de luz associadas aos tratamentos de clareamento e, no caso de sucesso, identificar qual fonte é a mais adequada e menos arriscada para uso.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 O Esmalte Dental

O esmalte dentário, que reveste e protege a coroa do dente, é o tecido mais mineralizado e resistente do corpo. Cerca de 97% do esmalte é composto de minerais, principalmente hidroxiapatita cristalizada, que encontra-se num padrão altamente organizado e orientado, formado por barras separadas por espaços muito pequenos. O restante da composição é formada por água e materiais orgânicos.(NEWMAN,.2004)

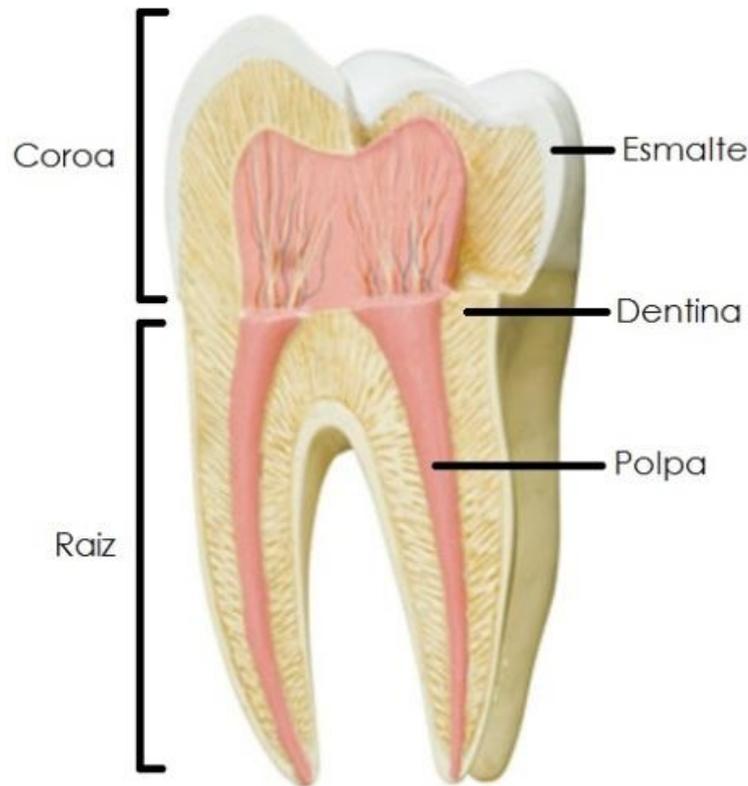
É um tecido duro que pode resistir a altas forças, suportando assim a tensão que está ligada a mastigação dos alimentos. Apesar disso, sua estrutura é quebradiça, e exige um suporte, realizado especialmente pela dentina que se encontra sob o esmalte. Tem espessura variável, desde 2,5mm até uma espessura extremamente fina próxima á região cervical. É um tecido translúcido, radiopaco e permeável a íons

O esmalte não possui absorção no espectro visível, desta forma, a cor que observamos no esmalte, é devida ao espalhamento da luz incidente nas estruturas mais internas ao esmalte. Como a dentina é o tecido que se encontra imediatamente sob do esmalte, grande parte da cor que observamos é devida a cor deste. Em geral, quando observamos o esmalte, ele se apresenta em um tom branco azulado, podendo apresentar tons mais amarelados ou acinzentados. (BACHMANN,2004)

Juntamente com a dentina e a polpa dentária, o esmalte forma nossos dentes. Na grande maioria dos casos, em dentes saudáveis, o esmalte é

componente do dente que é possível de se enxergar no sorriso. A figura 1 abaixo, apresenta a estrutura de um dente com todos os seus tecidos.

*Figura 1: Tecidos que formam o dente.*



*Aveiro, J. 2012*

O desenvolvimento do esmalte é regulado por células epiteliais, ameloblastos e proteínas. Os ameloblastos sintetizam as proteínas que são responsáveis pela formação da matriz do esmalte, apesar da maneira como estas contribuem para formação do esmalte e suas funções não estarem descritas claramente na literatura, deficiências nessas proteínas levam a má formação do esmalte, e até mesmo do dente. Novos estudos indenticaram novas proteínas também sintetizadas pelos ameloblastos já na sua fase de maturação, relacionada ao processo de endurecimento e mineralização do esmalte. (NISHIO,2008)

O esmalte é estrutura fundamental no processo de clareamento, já que sua propriedade ligada a permeabilidade de íons é o que torna possível a interação do gel clareador quebrando os pigmentos que deixam os dentes amarelados, processo que será detalhado no item a seguir.

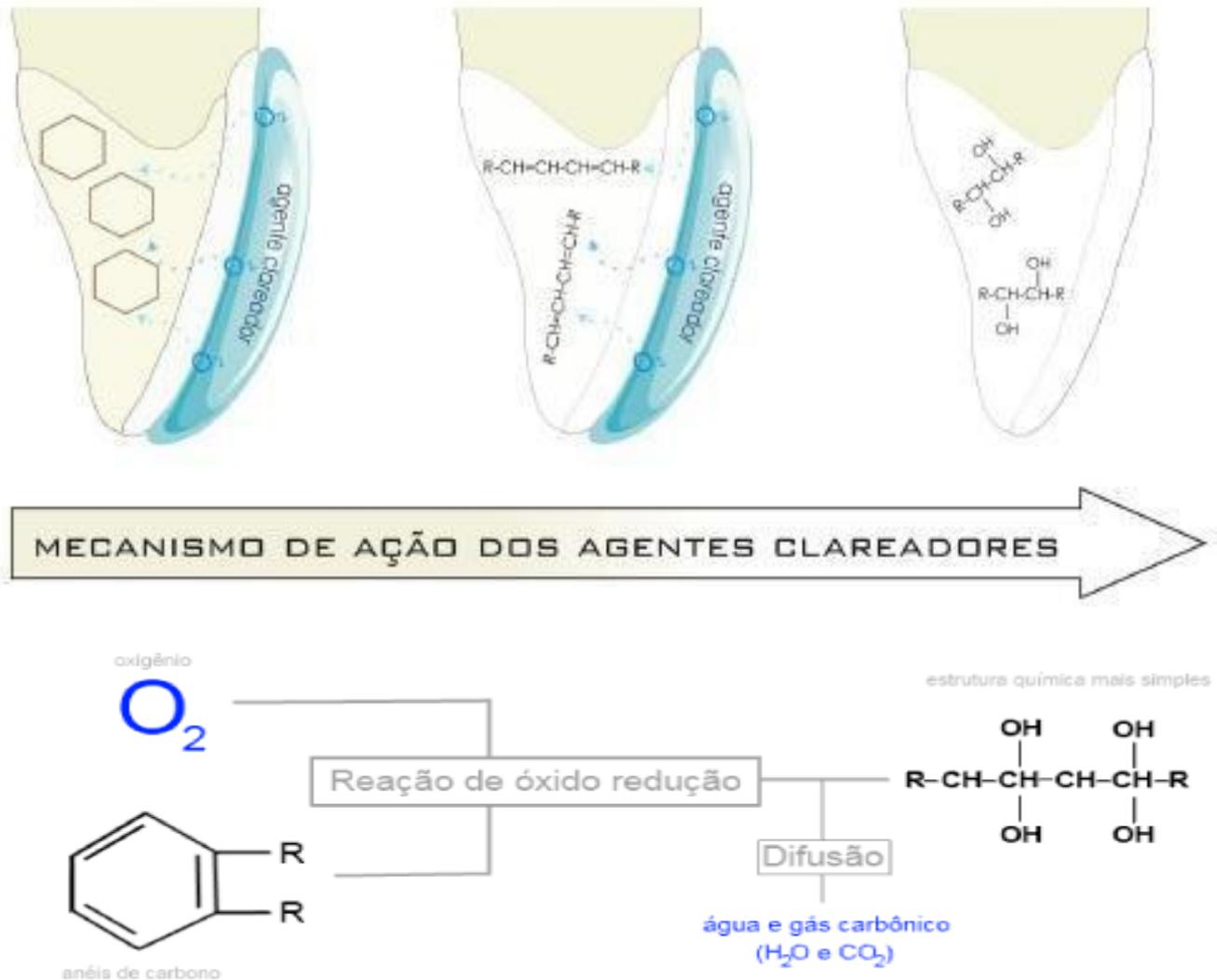
### **3.2 Processo de Clareamento Dental**

O clareamento é um procedimento eficiente, simples e não invasivo que ocorre graças ao contato íntimo entre o agente clareador e tecidos dentais mineralizados, já que a dentina e o esmalte dental são permeáveis aos agentes clareadores (EFEOGLU, 2005, FEVERSKOV, 2005). Este processo ocorre devido à degradação de moléculas de alto peso molecular localizadas no esmalte e na dentina que refletem um determinado comprimento de onda que, por sua vez, fazem com que este pareça escurecido.

O clareamento é nada mais do que um processo simples de oxidação. Os compostos principais do agente clareador, peróxido de hidrogênio e peróxido de carbamida, ao oxidarem, geram moléculas de oxigênio, que são capazes de romper as ligações dos pigmentos, moléculas orgânicas de alto peso molecular, e converte-los em compostos intermediários, de cadeias menores que, conseqüentemente, irão refletir comprimentos de onda mais claros aos nossos olhos (JOINER, 2006, DAHL, 2003, CHEN, 1993). O peróxido de hidrogênio se difunde livremente no esmalte e na dentina devido à sua alta permeabilidade e seu baixo peso molecular, assegurando que o processo seja eficaz e uniforme. A Figura 2 ilustra o processo de ação dos

agentes clareadores.

Figura 2: Esquema de mecanismo de clareamento dental e reação química geral



(Andrade, A. P, 2009)

A técnica consiste na aplicação, pelo profissional, de produtos com alta concentração de peróxido de hidrogênio com degradação catalisada ou não por

fontes de calor, geralmente mais rápida que a técnica caseira. (JOINER, 2006) (JIANG, 2007) Ainda existem muitas dúvidas sobre a realização desse processo quanto aos efeitos indesejados que podem ocorrer. O principal efeito é a elevação de temperatura que uma fonte de luz causa em uma estrutura ou tecido, essa elevação pode resultar em um efeito inflamatório na polpa, e conseqüentemente levar a sensibilidade dentária, efeito este que já é relatado por muitos pacientes, sendo uma das principais contra- indicações do clareamento. Outros efeitos indesejados existentes, se referem a perda de cálcio e fósforo do esmalte, causada pela concentração e pH do agente clareador (UNLU, 2004 ) Apesar de alguns géis existentes já possuírem a capacidade de repor esse mineral, este ainda é um ponto controverso quanto a aplicação do clareamento que deve ser tratado com cautela. Relatam-se também como efeitos indesejados a diminuição da microdureza e rugosidade do esmalte (JOINER, 2006, UNLU, 2004)

Atualmente no mercado, são utilizadas técnicas que tragam o maior conforto possível ao paciente, dessa forma, um método de clareamento deve ser, além é eficaz, rápido e ter bom custo-benefício de acordo com a necessidade do paciente.

Nessa visão, existem no mercado duas técnicas principais, a de consultório, descrita acima, e o clareamento caseiro.

No clareamento caseiro, um molde da arcada dentária é preparado, e o paciente aplica nesse molde gotas de um gel clareador, que pode ser peróxido de hidrogênio em baixa concentração para aplicações diárias de no máximo uma hora, ou peróxido de carbamida, que é utilizado em aplicações noturnas.

Essa técnica de clareamento não causa efeitos deletérios, pode ser realizada em vários dentes ao mesmo tempo, e prática, devido ao procedimento ser realizado em casa. Ao mesmo tempo, a eficácia desta técnica depende totalmente do paciente, é inadequada para dentes sensíveis, e não tira manchas muito escuras.

Já o clareamento dental realizado em consultório, apresenta eficiência 2,76 vezes maior que o caseiro (SOARES, 2008) além de a cor desejada ser atingida mais rapidamente. O tratamento consiste na maioria das vezes em 2 a 3 sessões de aplicação de peróxido de hidrogênio associado com uma fonte de luz, essa sessão em geral ocorre semanalmente. O peróxido de hidrogênio é um produto caustico, dessa forma, os tecidos moles da boca devem ser devidamente isolados, e o tempo de aplicação deve ser cuidadosamente monitorado para que não existam efeitos deletérios na superfície do esmalte. Outra desvantagem relacionada ao clareamento de consultório é o custo deste, que é em torno do dobro do clareamento caseiro. (FRANCCI, 2010)

Atualmente, a técnica de escola da maioria dos dentistas, denominada Power Bleaching, consiste na combinação de ambas as técnicas, um clareamento inicial no consultório mais agressivo e a manutenção mais gradual pelo clareamento caseiro para estabilização da cor. (SOARES, 2008)

### **3.3 Utilização de Agentes Fotossensíveis no Processo**

Desde o desenvolvimento da irradiação *laser* em 1962, seu uso tem sido estudado na Odontologia e em áreas diversas da saúde, principalmente o

efeito dos diferentes comprimentos de onda em tecidos duros. Segundo Klutch, os diferentes comprimentos de onda resultam em diferentes profundidades de penetração, absorvidos de maneira distinta, gerando calor em diferentes tecidos (KUTCH, 1993). Lorenzo *et al.*, em 1996, publicaram um estudo clínico utilizando um clareador 35% de peróxido de hidrogênio, misturado a um pó composto de diversas substâncias químicas, dentre elas sílica amorfa, sulfato de manganês, sulfato de ferro e corante verde. Esse sistema sofreu ativação por luz halógena. Esse estudo atentou para a necessidade de mais estudos, nos dentes e tecidos periodontais (LORENZO, 1996). No ano seguinte, Garber discorreu sobre o uso do peróxido de hidrogênio catalisado pelos *lasers* de Argônio e CO<sub>2</sub>. A emissão da luz laser, para o autor é eficaz quando absorvida: pigmentos escuros no dente podem absorver energia proveniente do *laser* de Argônio, potencializando o processo de oxidação. Já o *laser* de CO<sub>2</sub> tem a função de manter esse processo eficaz por mais tempo, já que é absorvido por substâncias que contém água.(GARBER, 1997). Foi levantado que essa técnica aquecia muito rapidamente o sistema podendo se tornar danosa para os tecidos pulpar e periodontal. Apesar de poucas pesquisas existirem na área, sabe-se que a irradiação *laser* tem a capacidade de agir como um catalisador pelo aumento de temperatura que promove, acelerando a reação entre o gel e os pigmentos que causa amarelamento dos dentes. Avanços recentes mostram que esta radiação tem também a capacidade de agir isoladamente, sem aplicação de gel, utilizando fótons de alta energia de cor violeta,

A irradiação *laser* pode ser utilizada para melhorar a ativação do agente clareador. A energia da irradiação *laser* é totalmente absorvida pelo gel, resultando em um clareamento mais eficaz. Cada fabricante indica o tempo e

comprimento de onda que deve ser utilizado na técnica; porém, devido à falta de estudos clínicos, o clareamento utilizando *laser* de alta intensidade, como de Argônio ou CO<sub>2</sub> é altamente não indicado. O uso de lasers de baixa intensidade é utilizado e recomendado. Mesmo assim, indicam-se procedimentos operacionais bem estabelecidos e controlados (American dental association, 1998).

Em, 1988 foi afirmado, a partir de revisão de literatura, que o efeito clareador do *laser* é resultado de um processo de oxidação, quebrando as moléculas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e liberando mais rapidamente o oxigênio, que remove as células escuras (REYTO, 1998). A energia do *laser* de Argônio, na forma de luz azul (480 ~ 514 nm) é absorvida pelas cores escuras, principalmente vermelho e laranja. O laser de CO<sub>2</sub> é emitido na região do infravermelho e, gerando-se calor, pode aumentar o efeito do clareamento.

Em 2003, Zanin estudou a aplicação de fontes laser e LED no clareamento, concluindo que a potencialização de clareamento por diferentes fontes de luz interage com os tecidos, provocando os efeitos fotoquímicos desejáveis, associados a mínimos efeitos fototécnicos, descartando danos e reduzindo drasticamente o tempo de clareamento (ZANIN, 2003). Dostalova *et al.* (ano) estudaram a atuação do clareamento dental com lasers de diodo e LED. Comparando a técnica sem fontes de luz e com estas emissões, concluiu que a emissão das estudadas fontes de luz se mostrou efetiva em menos tempo. A análise final dos dentes mostrou mínimas alterações na superfície dos dentes clareados, concluindo que os *lasers* são uma ótima fonte de energia para redução do tempo de clareamento em consultório (DOSTALOVA, 2004)

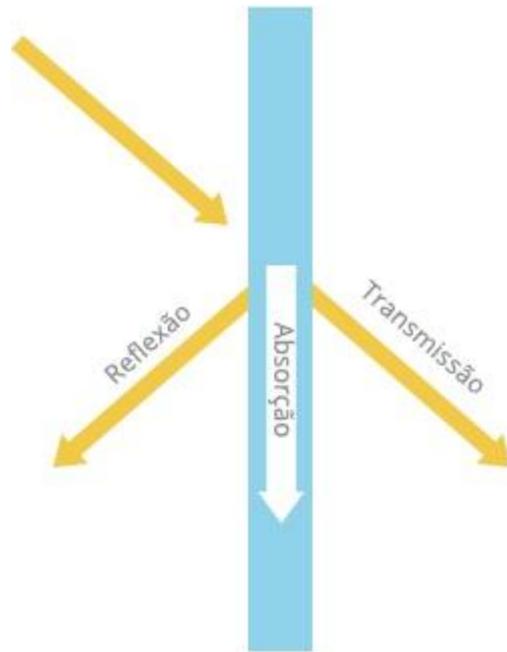
Baseados nesses trabalhos, e afim de obter resultados satisfatórios que concluam a real eficácia dessas emissões e confirme a ausência de danos a estrutura dental, se dará o desenvolvimento dessa pesquisa.

### **3.4 O Laser e o LED como agentes fotossensíveis**

No processo de clareamento dental, as fontes de luz agem como um catalizador da reação de oxirredução que ocorre no processo, a energia que as fontes de luz emite é absorvida pelo gel clareador. Em estudo realizado em 2006, Bispo detalha esse processo. A interação entre luz e gel acelera a reação química que tem como finalidade liberar oxigênio de maneira rápida, causando a oxidação das moléculas que causam o escurecimento da matriz do esmalte. Os radicais livres produzidos da reação, percorrem os poros e a superfície dos cristais presentes no esmalte, quebrando anéis de carbono de alto peso molecular em moléculas menores, conseqüentemente mais claras. (BISPO, 2006). Dessa forma, a eficiência do processo de clareamento dental está diretamente relacionada com a absorção da energia das fontes de luz pelo gel clareador.

A interação entre luz e tecidos pode ocorrer de diferentes formas. São elas a absorção, transmissão, espalhamento, reflexão e refração. No caso do processo de clareamento, é necessário que a luz seja absorvida pelo gel a base de peróxido. Outras formas de interação, ilustradas na figura 3 não resultarão em efeito desejado.

Figura 3: Mecanismo de interação entre luz e a matéria.



Braga, NC. 2010

O processo de absorção consiste na conversão de energia proveniente da luz em vibração das moléculas do material absorvedor – do gel, no caso do clareamento dental – e/ou calor. Ocorre quando a frequência da onda eletromagnética é ressonante com a frequência de vibração do material absorvedor (CAVALCANTI, 2011). Sabe-se que a frequência de uma onda eletromagnética se relaciona com a cor da mesma como mostrado abaixo:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad \text{onde}$$

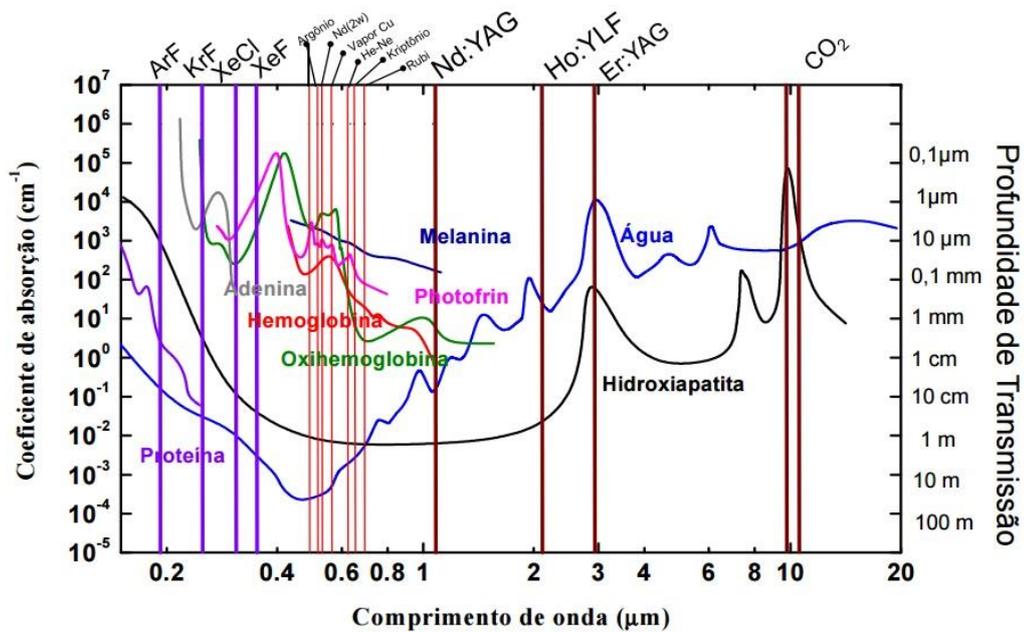
$c$ : velocidade da luz  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$f$ : frequência da onda (Hz)

$\lambda$ : comprimento de onda da radiação (nm)

É possível notar que a ressonância entre as frequências da luz e do material absorvedor são dependentes da cor da radiação que interage com o material. Além disso, a absorção também é dependente da concentração e temperatura do material absorvedor.

Figura 4: Espectro de absorção dos principais tecidos humanos, relacionados com os principais  $\lambda$  de lasers existentes.



Ana, PA. 2012

Observando a figura 4 acima, é possível observar que tecidos como, por exemplo, a hemoglobina e a porfirina tem boa absorção de lasers que emitem no espectro de cor vermelha. Já a água absorve bem comprimentos de onda no espectro infravermelho. Com isso, é possível afirmar que, ao obtermos o espectro de absorção de um determinado material, no caso, o gel clareador, podemos encontrar a banda onde este tem maior absorção da luz.

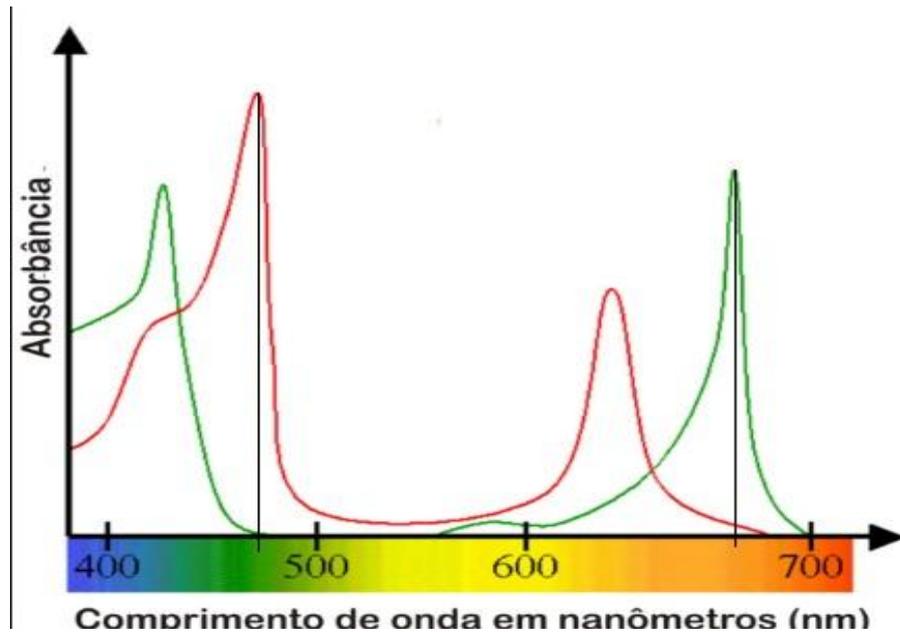
Em revisão de literatura, Zanin *et al* (ZANIN, 2010) mostram as principais fontes de luz utilizadas para ativação do gel clareador. Inicialmente, usavam-se lâmpadas halógenas de intensidade de até 800mW/cm<sup>2</sup>, porém esta fonte de luz apresentava curta vida útil, e emissão de luz infravermelha, que é convertida em calor, podendo causar superaquecimento. Outra técnica utilizada é a irradiação por arco de plasma, porém a alta intensidade da luz associada a esta técnica também pode causar aumento brusco de temperatura, além de não possuir protocolo seguro de aplicação. Como substituinte destas técnicas, procedimentos de fotoativação de géis clareadores com lasers e LEDs foram propostos. Estas novas técnicas possuem vida útil de até 10000 horas e apresentam menor largura de banda espectral, eliminando a necessidade de filtrar-se a luz para eliminar a emissão infravermelha, ou de outros comprimentos de onda do espectros que não sejam aproveitáveis.

Apesar de ambas as técnicas (laser e LED) apresentam efeitos fotoquímicos semelhantes no que se refere à interação com o gel clareador, é importante ressaltar que lasers de alta potência podem causar aumento da temperatura devida a alta intensidade da radiação. Dessa maneira recomenda-se o uso de lasers de baixa intensidade e LEDs para a fotoativação do gel clareador (DOSTALOVA, 2004)

Como mostrado na figura 4, a absorção do gel clareador está relacionada com a cor do corante que este possui e a cor da luz irradiada. Fazendo uma analogia ao princípio das cores complementares, quando a cor de um gel interage com a luz de cor complementar ao gel, a absorção da energia da luz é a máxima o possível. Isso ocorre devido o espectro de

absorção do gel ter picos de absorção máxima no mesmo local do pico de emissão máxima da luz, como é possível observar na figura 5 abaixo:

Figura 5: Espectro de absorção de 2 corantes genéricos, um verde e um vermelho.

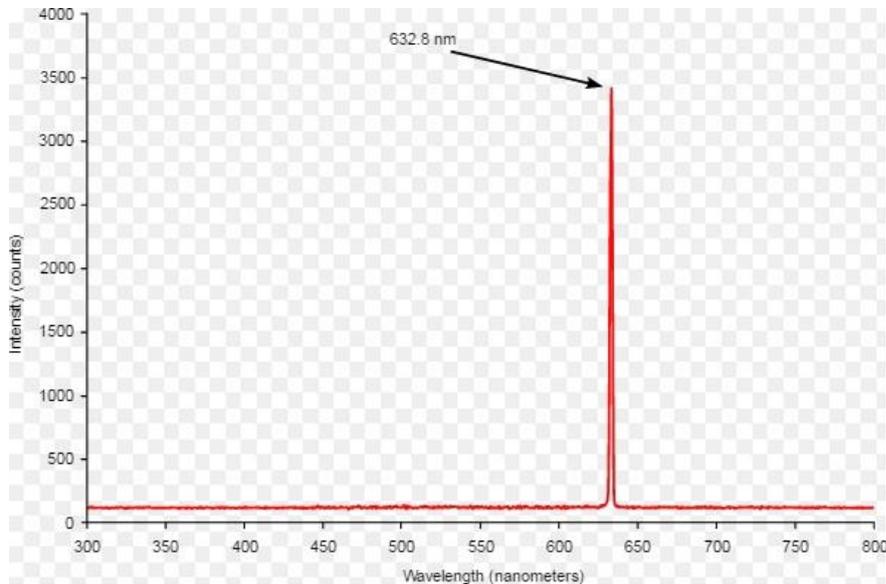


Coutinho, MA. 2016

Observando o gráfico, podemos observar que o pico de absorção do corante verde se dá em 675 nm aproximadamente, e o do corante vermelho se dá em aproximadamente 560 nm, desta forma, fontes de luz que emitem nesses comprimentos de onda promoverão a absorção máxima da mesma.

Outro ponto relevante a se tratar é a diferença entre a emissão entre diferentes fontes de luz, a luz *laser* por ser colimada emite em um comprimento de onda específico, com pouca largura de banda, como pode se observar na figura 6 abaixo.

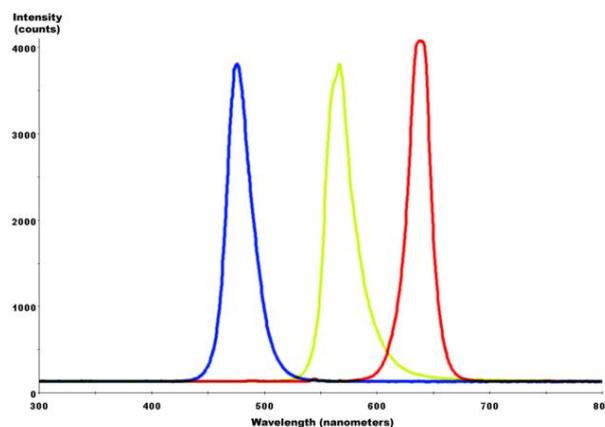
Figura 6: Espectro de emissão de um laser vermelho genérico



*Optoelectronics research center , 2012*

Já em fontes de luz do tipo LED, a emissão é dada em uma banda, mais estreita que as luzes de uso comercial (halógena, fluorescente, entre outras), porém a emissão se dá por largura maior de banda, como podemos ver na figura abaixo.

Figura 7: Espectro de emissão de LEDs azuis, verdes e vermelhos genéricos



*Optoelectronicsresearchcenter , 2012*

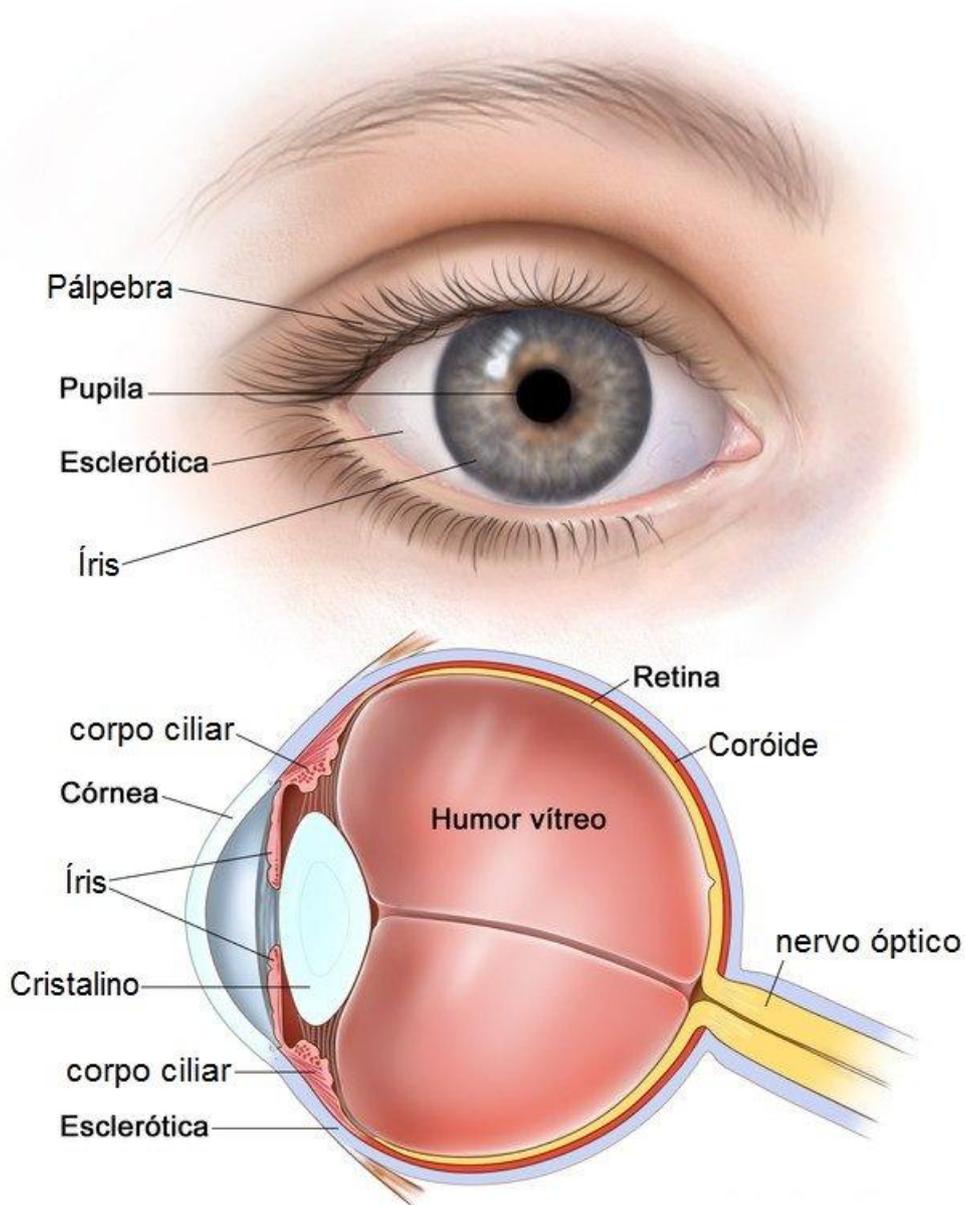
Estudos anteriores (ZANIN, 2003) mostram que o aumento de temperatura pulpar em valores maiores que 5,5°C podem causar injúrias no tecido pulpar assim como na estrutura dental. Dessa forma, radiações não ionizantes absorvidas pelo tecido dental devem promover o maior efeito fotoquímico o possível, e em contrapartida mínimos efeitos fototérmicos, atingindo de maneira mais intensa as moléculas escurecidas. Dessa forma, a emissão de uma banda espectral mais restrita o possível e coincidente com o pico de absorção de um determinado material evita a produção desnecessária de calor, além de um processo mais eficiente já que a grande parte da energia emitida será convertida em efeitos químicos. Para conclusões referentes a este trabalho em específico, o espectro de absorção do gel utilizado será obtido, assim como o espectro de emissão das fontes de luz (MAIA, 2010).

### ***3.5 A visão – uma breve introdução***

A visualização da cor é uma resposta do cérebro aos estímulos luminosos captados por nossos olhos, sendo absorvidos de maneira mais eficaz comprimentos de onda na região azul, verde e vermelha do espectro visível (TOKUMI, 2007) A escala RGB (red, green, blue), ou teoria tricromática, afirma que qualquer cor pode ser produzida pela diferente absorção pelas células de nossos olhos destas três cores, apesar das cores de um objeto

variarem, sempre se apresentarão de um modo que poderão ser descritas por essas três cores (CANERVALLI, 2010). Anatomicamente, nosso olho é formado pelas estruturas mostradas na figura 8 abaixo.

*Figura 8: Anatomia do olho humano: vista de frente (cima) e interna (baixo)*



*Trotta, R. 2014*

Nosso olho pode ser comparado a um simples receptor de luz. Quando um feixe de luz interage com um objeto, parte do feixe é absorvida, o restante é refletido ao ambiente. Dessa forma, o que é recebido pelos nossos olhos, são as cores que correspondem a frequência que foi refletida. Ou seja, a cor que vemos de um objeto, é simplesmente a cor que este não absorveu ao interagir com a luz. (PEDROSA, 2002)

O feixe resultante da interação entre a luz e o objeto atinge nossos olhos na córnea e percorre todo o olho, passando pela câmara anterior, atravessa a pupila, humor aquoso, cristalino, humor vítreo até atingir a retina. Na retina, podemos encontrar células especializadas em receber este feixe, chamadas de células fotorreceptoras, os bastonetes e os cones. Os cones são responsáveis pela identificação das cores que chegam, existem cones especializados em receber a cor azul, a cor verde e a cor vermelha, combinadas, essas cores podem gerar qualquer cor existente. Os bastonetes são responsáveis pela detecção do nível de luminosidade recebido. Após a detecção por essas células, o feixe de luz incidente é convertido em energia elétrica e esta é encaminhada ao nervo óptico. A partir daí, por impulsos elétricos, a informação (eletricidade) é encaminhada ao nosso cérebro, que reconstruirá a imagem como foi recebida pelos nossos olhos. (GUYTON,2011)

Dessa forma, quando observamos um sorriso branco, podemos concluir que toda a luz foi refletida pelo dente, já que a luz branca é uma união de todas as cores do espectro visível. Na realidade, não visualizamos um sorriso perfeitamente branco, e sim branco com tons amarelados, acinzentados, azulados, entre outros. Essa leve tonalidade refere-se a interação entre a luz e

as moléculas que estão presente nos dentes. Por exemplo, ao observamos um sorriso mais amarelado, sabemos que todos os comprimentos de onda associados a cores que não o amarelo que observamos foram absorvidas. O amarelo que podemos observar foi o comprimento de onda refletido.

### **3.6 O dente e a visualização da cor – A escala CIELAB**

Para expressar a cor de um objeto, é comum utilizar o que chamamos de espaços de cor, onde valores numéricos são associados a cor e com isso pode-se descrever metodicamente e numericamente como as cores se distribuem em um objeto.

A variação de cor nos dentes vai de amarelo até amarelo-avermelhado, e, como relatado anteriormente, é causada pela heterogeneidade da espessura da dentina e do esmalte, que gera intensidades diferentes de absorção, transmissão, espalhamento e reflexão da luz. Para a análise de cor em odontologia, é utilizada principalmente a escala CIE  $L^*a^*b^*$ , estabelecida pela Comissão Internationale de L'Eclairage – CIE (TAKATSUI,2011)

A escala CIE consiste em um método objetivo para expressar numericamente as cores, se baseando em três eixos cartesianos, cujas coordenadas indicam diferenças numéricas mais uniformes do que as vistas a olho nú, excluindo dessa forma ambiguidades e confusões na descrição da cor de um objeto. As coordenadas destes eixos consistem em três parâmetros:  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  que definem respectivamente:

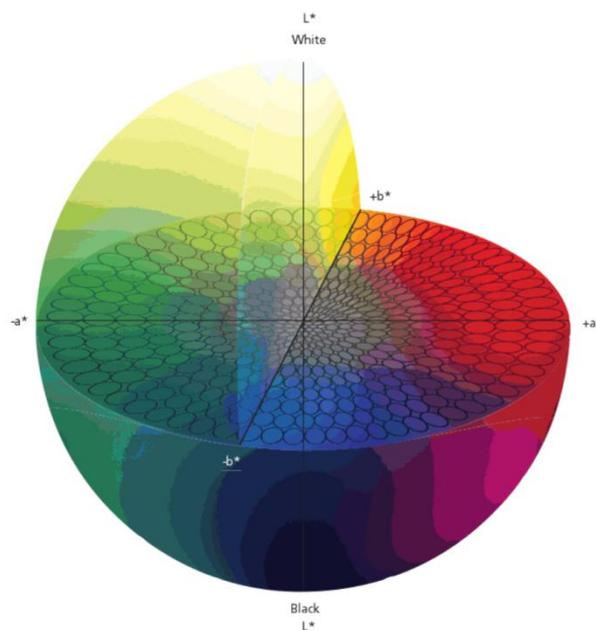
L: Luminosidade, variando do valor zero (preto) ao valor 100 (branco)

A: Medida no eixo vermelho, variando do verde (a negativo) ao vermelho (a positivo),

B: Medida do eixo amarelo, variando do azul (b negativo) ao amarelo (b positivo).

A figura abaixo mostra como estas coordenadas estão distribuídas:

*Figura 9: Espaço CIE  $L^*a^*b^*$*



*(Gundlach, M. 2015)*

Observando este gráfico, podemos identificar as cores de um objeto analisando as coordenadas que este apresenta. Por exemplo, cores neutras (objetos brancos ou pretos) têm coordenadas próximas a  $(L^*, 0, 0)$ . Vale

ressaltar que valores numéricos dos eixos a e b são definidos de acordo com a técnica que se emprega para captação da cor do objeto. (PIROLO, 2014)

Em geral, usa-se espectrofotômetros ou colorímetros para obtenção destes parâmetros, porém pode-se realizar uma análise de imagens via softwares de engenharia, como o MatLab® por exemplo. A captação desses parâmetros geram valores para a localização da cor desde objeto em cada um dos eixos, podendo assim se construir um vetor resultante associado a cor deste objeto. O valor do módulo desse vetor entrega o parâmetro  $\Delta E$ , que significa a diferença total de cor entre uma imagem e seu padrão.

Em odontologia, quando valores de  $\Delta E$  se encontram entre 1 e 3,3 podemos afirmar que a percepção de cores é perceptível aos olhos e aceitável clínica e esteticamente (Lima, T. 2015). O vetor plotado no espaço CIE  $L^* a^* b^*$ , indicará o tom de branco que o dente possui, vetores que apontam mais perto do b positivo máximo, indicaram tons de branco mais amarelados. Ao final de um processo de clareamento dental, espera-se que o sorriso esteja o mais próximo do branco azulado, ou seja mais próximo do b negativo (Color Models. 2000).

### ***3.7 Efeitos da fonte de luz na rugosidade dentária***

A rugosidade de uma determinada superfície se refere às saliências e reentrâncias que esta apresenta, saber detalhes relacionados à rugosidade de

uma estrutura nos permitem caracterizar materiais quanto à sua segurança e se estes atendem a função desejada (CALLISTER, 2008).

No caso da odontologia, medidas da rugosidade superficial são importantes para que observemos a textura do esmalte. Dentes com alta rugosidade em geral não são esteticamente bonitos, devido ao padrão de reflexão da luz se tornar desorganizado; assim, o dente se parece poroso e opaco na observação por olho humano. Além disso, superfícies rugosas favorecem o acúmulo de substâncias, induzindo ao aumento de placa bacteriana (KAKABOURA, 2008).

Desta forma, análise de rugosidade tem como função avaliar as irregularidades de uma superfície, que se forem fora dos padrões normais, podem interferir no acabamento superficial do dente, resultando assim em problemas para o paciente.

Em odontologia, a medida mais usada em literatura é a rugosidade média (Ra), apesar desta se tratar de uma medida pobre em textura superficial, é a medida mais fácil de obter, em termos de recursos e obtenção (FREITAS, 2010). Como é bastante utilizada em literatura, é mais fácil de encontrar comparativos para as análises realizadas. A medida de rugosidade média é uma medida de amplitude utilizando a linha M (linha média) como referência. A linha M é obtida a partir de um comprimento de medição que fornece um traçado referente à rugosidade, e é definida de forma que a soma das áreas acima desta sejam iguais a soma das áreas abaixo da mesma. Dessa forma, a rugosidade média detecta as saliências e reentrâncias ao longo da linha M e

determina um valor médio referente ao comprimento de medição (CALLISTER, 2008)

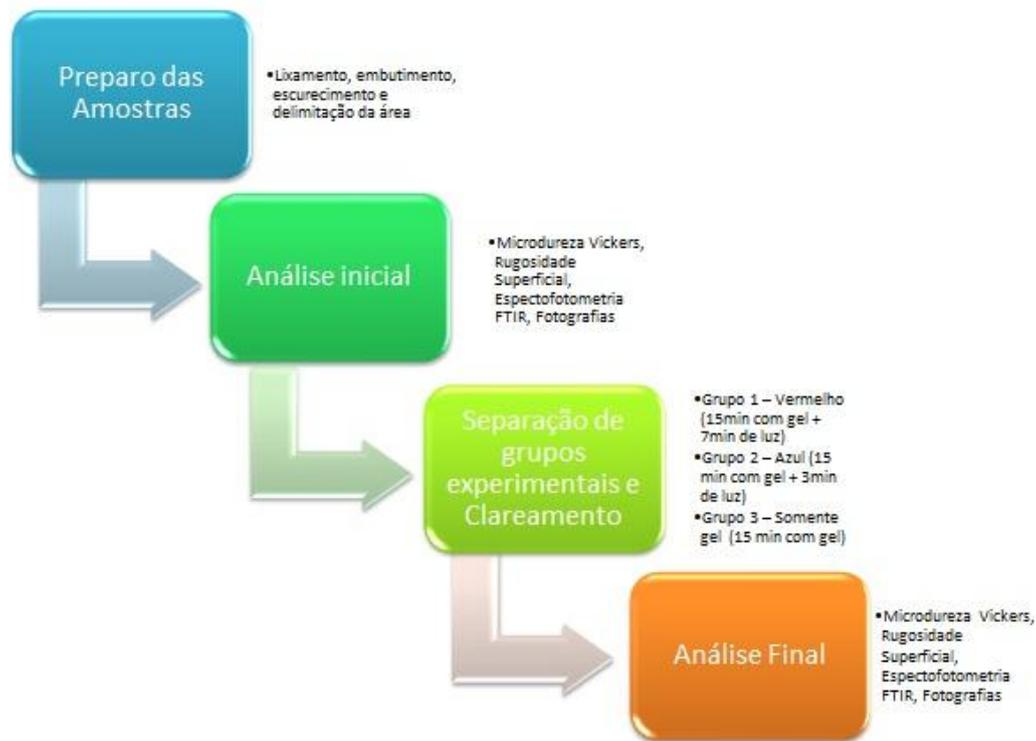
Como desvantagem dessa medição, temos a dificuldade de identificar picos ou vales, já que a média de uma variação muito grande de rugosidade num determinado comprimento, pode ser igual a uma variação mais leve. Um método de reduzir essa desvantagem é analisar uma mesma amostra antes e depois de uma determinada ação, e estabelecer um comparativo de perda ou ganho de rugosidade. (FREITAS, 2010)

*China et al.* (CHINA, 2014) realizaram um estudo onde dentes bovinos foram escurecidos artificialmente e clareados utilizando dois diferentes géis - um a base de peróxido de hidrogênio e outro a base de fluoreto – em diferentes concentrações e com ou sem adição de cálcio e em seguida submetidos ao teste de rugosidade superficial, semelhante àquele a ser realizado nesse experimento, e os dados obtidos analisados estatisticamente. Os resultados dessa análise indicaram que, dos grupos em que o tratamento foi eficiente, independentemente do tipo de gel e da concentração utilizada, os valores obtidos antes e depois do tratamento não apresentaram diferença significativa. Concluíram então, que ambos os géis clareadores não trazem risco à rugosidade superficial do dente(CHINA, 2014).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Delineamento experimental

Foi realizado um estudo *in vitro* randomizado no qual 30 amostras de esmalte bovino foram escurecidas artificialmente e aleatoriamente distribuídas em três grupos experimentais distintos, de 10 amostras cada grupo, para a realização de procedimento clareador *in office*: G1- amostras clareadas com fotoativação com laser vermelho; G2- amostras clareadas com fotoativação com LED azul; G3- amostras clareadas sem fotoativação. Antes e após os tratamentos, as amostras foram avaliadas por meio de microdureza (Vickers), rugosidade (Ra), cor (Delta E) e composição superficial (ATR-FTIR). A análise estatística foi efetuada individualmente para cada variável resposta (microdureza, rugosidade, cor e composição), considerando-se o teste estatístico mais adequado de acordo com a normalidade e homogeneidade dos dados. Foi considerada a amostra como unidade experimental e o tratamento como fator de variação, adotando-se o nível de significância estatística de 5% para todas as análises. O fluxograma abaixo mostra o procedimento resumido.



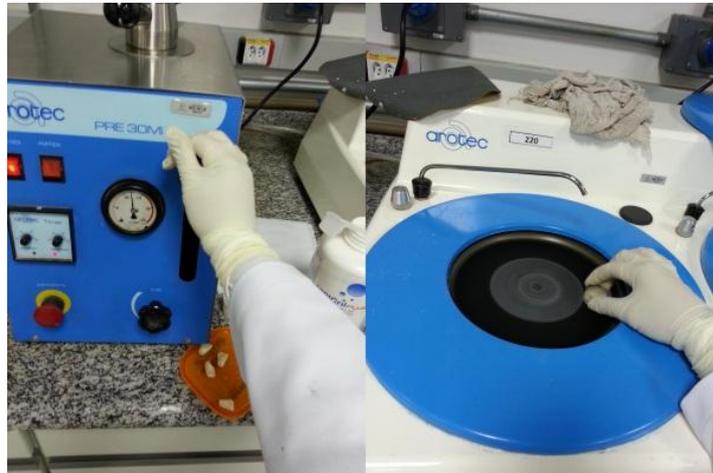
#### 4.2 Preparo das Amostras

Após aprovação do presente estudo pela Comissão de Ética em Estudo de Animais da UFABC (CEUA-UFABC 011/2015, Anexo 1), trinta dentes incisivos bovinos hígidos foram obtidos a partir de animais com idade média de três anos, e foram armazenados em água destilada à temperatura de 4°C até o início dos procedimentos.

Os dentes foram seccionados méso-distalmente através de seus longos eixos utilizando um disco diamantado sob refrigeração, de forma que apenas as coroas de esmalte íntegro foram obtidas. Em seguida, as amostras foram embutidas em resina acrílica transparente, onde foi mantida exposta apenas a

superfície vestibular de cada amostra. Tal superfície foi planificada com lixas abrasivas sob rotação.

*Figura 10 : Amostras sendo embutidas em resina transparente e em seguida sendo planificadas em lixa abrasiva.*



#### **4.3 Escurecimento das amostras**

Após este preparo, as amostras assim obtidas foram submetidas a um processo de escurecimento sendo submersas em uma solução de 500mL de vinho tinto durante 4 dias, sendo que a solução de vinho foi trocada a cada 24 horas(KIELBASSA, 2009).

As amostras foram mantidas a 37°C em estufa durante este período, sendo depois submetidas a profilaxia com um jato de bicarbonato e imersas em água em cuba ultrassônica para se obter uma superfície livre de resíduos. A figura 11 a seguir mostra uma das amostras após processo de escurecimento.

*Figura 11 : Amostra escurecida com vinho tinto durante 4 dias*



Para delimitar a área de leitura de cor, um adesivo (Pimaco, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) foi aderido ao centro da superfície dental. Todo o dente e outras partes foram revestidos com esmalte para unhas de cor preta (Colorama, São Paulo, SP, Brasil). Após secagem do esmalte, o adesivo foi retirado, gerando uma “janela” de (0,7 x 0,4) cm<sup>2</sup> de esmalte. A figura 12 a seguir, mostra o resultado do final do preparo das amostras, onde a parte branca exposta corresponde a parte de esmalte que será submetida ao processo de clareamento.

*Figura 12: Amostras escurecidas e com área de clareamento delimitadas.*



#### **4.4 Caracterização das fontes de luz e do gel clareador**

A fim de caracterizar os comprimentos de ondas de emissão de ambas as fontes utilizadas, o espectrofotômetro USB-650 Red Tide Spectrometer (OceanOptics, EUA) foi utilizado. A caracterização foi feita em ambiente escuro, para que não houvesse interferência da luz do ambiente. A fibra optica do equipamento foi alinhada com o feixe de luz que incidiria nesse. Uma série de valores foi obtida para que fosse possível classificar a luz em relação ao comprimento de onda de emissão.

A potência óptica das fontes de luz foi mensurada por um medidor de potência FieldMax II TOP e um sensor visível (Coherent, EUA), o qual foi posicionado a uma distância padronizada de 1 cm para aferição da potência óptica.

O gel clareador, por sua vez, foi caracterizado em relação à curva de absorção do seu espessante na cor verde. Foi utilizado o espectrofotômetro (Biospectro, São Paulo, SP, Brasil), sendo realizada uma varredura a partir de 450 nm até 750 nm, de 1 em 1 nm, englobando assim, as cores azul e vermelho, obtendo a curva de absorbância do gel clareador dentro da região de interesse. Cada medida foi calibrada com uma amostra branca, composta de água destilada, mantida em cubeta de plástico com dois lados ópticos. A amostra estudada foi feita a partir de uma mistura de água destilada com uma gota do espessante do gel clareador, o qual foi colocada em outra cubeta idêntica.

#### **4.5 Análise de Cor**

Devido à ausência de espectrofotômetro na UFABC, a metodologia de análise de cor proposta se baseia em artigos (OKUBO,1998, CAL,2006) que avaliam a estabilidade de cor de próteses dentárias através de uma análise digital de imagens.

Para as análises de cor, foram obtidas fotos digitais, empregando-se câmera fotográfica SONY CIBERSHOT, das amostras antes do clareamento, e após o clareamento. Para tal, as amostras foram colocadas em uma câmera com fundo escuro, recebendo apenas luz oriunda de duas fitas de LEDs de cor branca, assim como em uma análise por espectrofotômetro. As fotos foram obtidas sem o uso de flash. A montagem do aparato para a obtenção das imagens está ilustrada na figura abaixo.

Figura 13: Montagem do aparato utilizado para obtenção das imagens digitais.



Após a obtenção das imagens, foi elaborada rotina em ambiente MATLAB® para calcular os valores de  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$  e  $\Delta E$ , que indica se houve mudanças na cor das amostras. O programa funciona de forma que, selecionando uma área central da imagem de cada amostra, este realiza o cálculo do valor de  $\Delta E$ , ou seja, mede-se os valores de  $a^*$ ,  $b^*$  e  $L^*$  e pela relação  $\Delta E^*_{ab} = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$ , o programa entrega diretamente o valor de  $\Delta E$ .

#### **4.6 Análise de rugosidade superficial**

As amostras foram submetidas ao teste de rugosidade superficial antes e depois do tratamento, utilizando o Rugosímetro RP-200 (Instrutherm, São Paulo, SP, Brasil).

A rugosidade média (*average roughness* –  $R_a$ ) foi determinada por três medidas diametralmente opostas, ou seja, foram determinados 3 diferentes

caminhos de leitura, para que o perfil da amostra de esmalte fosse captado da maneira mais completa o possível.

#### **4.7 Análise de Microdureza superficial**

A microdureza inicial das amostras de esmalte foi determinada empregando-se a técnica Vickers, utilizando o microdurômetro HMV-2000 (Shimadzu, Kyoto, Japão). Para tal, foi utilizada carga de 0,9807 N, com um tempo de indentação de 5s. Três indentações foram realizadas sobre a superfície de cada amostra, com uma distância de 50µm entre eles; em seguida; foi calculada a média de dureza Vickers (HV). Este VH medido é o valor da linha de base, que futuramente foi usado para calcular os valores de perda de microdureza (SUN, 2011).

Antes e depois do tratamento, foram obtidos valores médios de microdureza de cada amostra. A média das três indentações foi registrada como o valor de microdureza de cada amostra, foi registrado também o desvio padrão de cada uma das amostras, para posterior análise estatística e obtenção do desvio de cada grupo experimental. Assim, estes valores médios (VH) foram comparados, sendo obtido o parâmetro “perda de microdureza”, o qual foi dado em porcentagem, de acordo com a equação 3.

$$PD (\%) = \left[ \frac{(VH \text{ linha de base} - VH \text{ amostra final})}{VH \text{ linha de base}} \right] \times 100 \quad (3)$$

#### **4.8. Análise Composicional – FTIR**

A análise composicional foi realizada por meio da técnica de reflexão atenuada da espectroscopia de absorção no infravermelho por transformada de Fourier (ATR-FTIR), na qual foi empregado o espectrômetro FTIR Frontier (Perkin Elmer, Munique, Alemanha). Neste, foi acoplado um acessório de reflexão total atenuada (ATR, com cristal de diamante). No momento da aquisição dos dados, foram feitos 80 *scans* de cada amostra, na resolução de  $0,5\text{ cm}^{-1}$ , sendo a tomada de *background* realizada a cada 5 amostras. A faixa dos espectros coletados variou entre  $700\text{ a }4000\text{ cm}^{-1}$ . O registro e a conversão dos espectros de absorção foi realizado através do programa específico do espectrômetro em conjunto com o software OriginPro 8.0 e rotina em Matlab(SUN, 2011).

Para a comparação qualitativa, a normalização dos espectros foi efetuada pela intensidade da banda de  $\nu_3$  fosfato. Para a análise semi-quantitativa, todas as áreas sob as bandas de absorção foram normalizadas pela área da banda de  $\nu_3$  fosfato.

A análise qualitativa dos espectros foi efetuada empregando-se software OriginPro 8. A análise semi-quantitativa dos espectros foi efetuada em rotina desenvolvida pelo grupo em ambiente MatLab.

Na análise semi-quantitativa, a normalização não foi feita pela intensidade de absorção e sim pela área do fosfato. Os valores utilizados são valores das médias das áreas, sempre após a divisão pela área do fosfato de cada espectro.

As bandas de absorção consideradas para análise, relativas ao  $\nu_3$  fosfato: 883 a 1185  $\text{cm}^{-1}$  foram:  $\nu_2$  carbonato: 700 a 883  $\text{cm}^{-1}$ ,  $\nu_3$  fosfato: 883 a 1185  $\text{cm}^{-1}$ ,  $\nu_3$  e  $\nu_4$  carbonato: 1352 a 1430  $\text{cm}^{-1}$ , amida III + carbonato (devido ao estiramento C–N e à deformação N–H): 1430 a 1521  $\text{cm}^{-1}$ , amida II (devido às vibrações no plano da ligação N–H e ao estiramento C–N): 1528 a 1560  $\text{cm}^{-1}$ , amida I (devido ao estiramento C–H) + água: 1587 a 1718  $\text{cm}^{-1}$  e água fracamente ligada: 2902 a 3690  $\text{cm}^{-1}$

#### **4.9 Grupos Experimentais e Processo de Clareamento**

As amostras foram aleatoriamente distribuídas em três grupos experimentais, de 10 amostras cada:

- **Grupo 1:** As amostras receberam aplicação de gel clareador e ativadas com luz laser vermelha;
- **Grupo 2:** As amostras receberam aplicação de gel clareador e ativadas com luz LED azul;
- **Grupo 3:** As amostras receberam aplicação de gel clareador e não foram ativadas com fonte de luz.

Em todos os grupos experimentais, as amostras receberam um gel de clareamento a base de Peróxido de Hidrogênio [35%] (Total Laser, Clean Line, Taubaté, São Paulo, Brasil) de acordo com as especificações do fabricante. O

agente de clareamento *Total Bleach* tem em sua composição peróxido de hidrogênio (35%), água, estabilizantes, corante, espessante, regulador de pH e surfactante, com pH em torno de 6,62. Nos grupos, foi aplicada uma camada de 2mm de espessura de gel clareador na superfície do esmalte previamente seco. Após o tempo preconizado para cada tratamento, de 15 minutos totais, o gel foi removido das superfícies por meio de enxague com água deionizada por 1 minuto e secagem com papel absorvente.

Nos grupos que receberam ativação por luz, as amostras receberam ativações repetitivas usando 1 minuto de aplicação e 1 minuto de descanso (1 minuto ligado – 1 minuto desligado) em seguida deixadas somente com gel até que 15 minutos fossem completados, sendo este procedimento repetido por três vezes em cada amostra visando-se simular um procedimento clínico.

No grupo 1, a ativação do gel clareador foi feita usando-se dispositivo Brite Laser Max (Clean Line, Taubaté, SP, Brasil), que possui três lasers emissores de luz vermelha, com potência de 10,2 mW cada, e comprimento de onda de 654 a 662 nm, segundo detalhamento do fabricante. No grupo 2, a ativação do gel foi feita empregando-se dispositivo WhiteningLase II (DMC Equipamentos, São Carlos, SP, Brasil), utilizando 1 LED emissor de luz azul, comprimento de onda de  $470 \pm 10$  nm e potência total de 24 mW.

Nos casos que envolvem aplicação de fontes de luz, numa mesma unidade de área, todas as amostras foram submetidas a iguais energias de exposição. Para isso então, um ajuste da dose foi realizado, alterando o tempo de exposição das amostras do grupo que receberia a luz vermelha.

Figura 14: Esquerda Para Direita: Gel utilizado para clareamento, Equipamento de ativação emissor de luz vermelha e azul, respectivamente.



Para o ajuste da dose, foi estipulado uma simulação de tratamento clínico com o LED azul, sendo esse estimulado por 3 minutos (intercalados com um minuto de descanso) e deixado com gel até que se completassem 15 minutos. A seguir, encontra-se o fluxograma do procedimento com luz azul

Com os parâmetros obtidos para a luz azul, foi possível obter a dose de energia que seria irradiada no procedimento, dada por:

$$Dose \left( \frac{J}{cm^2} \right) = \frac{t(s) \times P(w)}{A(cm^2)} = \frac{180 \times 0,024}{0,28} = 15,43 \frac{J}{cm^2} \quad (4)$$

Dessa forma, com a dose de 15,43 J/cm<sup>2</sup> padronizada, e os parâmetros do laser vermelho anteriormente apresentados, foi possível obter matematicamente o tempo o qual as amostras ficariam expostas a luz.

$$tempo (s) = \frac{Dose \left( \frac{J}{cm^2} \right) \times A (cm^2)}{P(w)} = \frac{15,43 \times 0,28}{0,0102} = 423,5 s = 7 minutos \quad (5)$$

Dessa maneira, o procedimento com luz vermelha teria duração total de 15 minutos, porém com 7 exposições de 1 minuto intercaladas. A seguir, encontra-se o fluxograma do procedimento com luz vermelha.

#### **4.10. Avaliações após os tratamentos**

As análises de microdureza, rugosidade, cor e composicional foram novamente efetuadas após o processo de clareamento, buscando-se avaliar as variações nestes parâmetros decorrentes dos diferentes tratamentos propostos.

#### **4.11 Análise Estatística**

A análise estatística foi efetuada separadamente para cada variável resposta, empregando-se o software BioStat 5.0. Os diferentes grupos de tratamento foram comparados com relação à mudança de cor, mudança de

microdureza, mudança de rugosidade superficial e composicional, sempre considerando o nível de significância de 5%. Desta forma, consideram-se os dentes como unidades experimentais, os tratamentos como fator de variação e, como unidades resposta, a perda de microdureza, a alteração de rugosidade, a alteração de cor e a alteração no conteúdo de amidas, água e carbonato.

Para cada variável resposta considerada, foi efetuado o teste de normalidade e homogeneidade das variâncias, por meio dos testes de Levene e Shapiro Wilk. Nos dados que apresentaram distribuição normal e homogeneidade das variâncias, foi efetuada Análise de Variância (ANOVA) e teste *post hoc* de Tukey. Nos dados que não apresentaram distribuição normal, foi efetuado o teste estatístico de Kruskal-Wallis seguido do teste *post hoc* de Student-Newman-Keuls.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise de Microdureza

A Tabela 1 mostra os valores referentes a perda de dureza de cada amostra.

**Tabela 1:** Perda de dureza referente a cada amostra.

Grupo	Amostra	Perda de Dureza	% de Perda
Vermelho	1	0,052	5,19
	2	0,173	17,29
	3	-0,061	-6,12
	4	0,084	8,39
	5	0,038	3,76

	6	0,129	12,90
	7	-0,036	-3,59
	8	-0,103	-10,32
	9	0,294	29,38
	10	-0,082	-8,21
<b>Azul</b>	11	-0,162	-16,16
	12	0,112	11,23
	13	-0,045	-4,55
	14	-0,417	-41,67
	15	0,013	1,34
	16	-0,156	-15,60
	17	-0,172	-17,16
	18	0,288	28,83
	19	0,448	44,81
	20	-0,161	=16,05
<b>Somente Gel</b>	21	0,193	19,32
	22	0,101	10,13
	23	0,347	34,73
	24	-0,167	-16,69
	25	0,033	3,27
	26	0,132	13,15
	27	-0,266	-26,64
	28	0,072	7,24
	29	-0,019	-1,88
	30	0,122	-12,16

Uma média de cada grupo foi obtida, obtendo assim os parâmetros referentes a cada tipo de tratamento diferente. Esses parâmetros se encontram na tabela abaixo

**Tabela 2:** Perda de Dureza por Grupo Experimental

Grupo	Valor da Linha de Base (HV)	Desvio Padrão	Medida Final (HV)	Desvio Padrão	Perda de Dureza	% de Perda
<b>Vermelho</b>	275,98	25,21	261,83	16,33	0,049	4,87
<b>Azul</b>	273,00	24,53	275,50	25,71	-0,025	-2,50
<b>Gel</b>	285,30	13,40	265,03	13,34	0,055	5,48

Para a análise estatística, utilizando os dados referentes a cada uma das amostras, em seus respectivos grupos, foi realizado o teste *t* de Student para amostras dependentes, ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Foram feitas as comparações individuais para cada grupo nos diferentes tempos experimentais: antes do clareamento e após o clareamento. Os resultados obtidos se encontram na tabela a seguir.

**Tabela 3:** Valores de *p* obtidos para cada grupo experimental.

Grupo Experimental	% de Perda	Valor de <i>p</i>
<b>Vermelho</b>	4,87	0,22
<b>Azul</b>	-2,50	0,92
<b>Somente Gel</b>	5,48	0,28

Observou-se que não houve alteração significativa na microdureza superficial do esmalte após nenhum dos tratamentos propostos ao nível de significância de 5%, o que sugere que todos os tratamentos são seguros para a superfície do esmalte, sem degrada-la.

Os resultados obtidos no presente estudo corroboram os achados de Wang *et al.* (WANG, 2013), em estudo semelhante, onde foi utilizado uma fonte fria ("cold light", LED) e clareamentos em diferentes tempos e um teste de

microdureza com cinco identificações de carga de 100g durante 10 segundos. O estudo obteve valores médios de microdureza inicial  $385,904 \pm 2,286$  e final  $384,038 \pm 1,772$ , ou seja, não houveram alterações significativas nos grupos testados, embora alterações no esmalte tenham sido observadas, tais como na rugosidade..

Em outro estudo (BORGES, 2014) foram testados os efeitos na microdureza após clareamento empregando-se géis em concentrações de peróxido de hidrogênio de 20%, 25%, 30%, 35% durante 30 minutos sem o uso de luz. Concluiu-se que a concentração do gel não causou alterações na microdureza do esmalte, sendo o gel mais concentrado o mais eficaz, já que potencializava a quebra das moléculas que causam o amarelamento dos dentes. No presente projeto, o grupo sem ativação de luz, com concentração semelhante, também não apresentou perda de dureza estatisticamente significativa.

De acordo com Magalhães *et al.* (MAGALHÃES, 2012), onde foram testados diferentes pH dos géis clareadores em aplicação de um minuto de com luz e um minuto sem luz, semelhante ao processo efetuado neste projeto, e análise de microdureza antes e após tratamentos, géis clareadores com pH ácido (4,4 nesse caso) causam redução de microdureza do esmalte, já géis com pH semelhante ao neutro (6,4 e 6,6) não causam alterações na microdureza do esmalte do dente. O gel clareado utilizado nesse projeto, de coloração verde, tem pH próximo ao neutro, o que contribuiu para a manutenção da microdureza dos grupos testados.

Finalmente, em estudo recente (PARREIRAS, 2014), um gel de concentração 35% de peróxido de hidrogênio foi utilizado em associação com

fontes de luz LED e laser, e análise de microdureza feita com três identações de carga 25g durante 5 segundos, procedimento muito semelhante ao utilizado no estudo atual, tanto na concentração de gel, aplicações de luz e número de identações. O resultado desse trabalho mostrou que as alterações na microdureza não foram estatisticamente relevantes, ou seja, não há alterações danosas à microdureza do esmalte dos dentes. No caso do presente trabalho os resultados obtidos foram muito próximos ao estudo aqui referido, confirmando assim a validade dos valores obtidos em laboratório.

Como apresentado acima, o estudo realizado está de acordo com os valores encontrados na literatura utilizada para embasamento teórico e análise de dados obtidos, mostrando assim que o clareamento associado com fontes de luz não causa alterações significativas ou danos na microdureza do esmalte bovino e, podemos estender este resultado, devido à semelhança na composição destes, aos dentes humanos.

## **5.2 Análise de Rugosidade Superficial Média**

Na tabela 4 a seguir encontram-se os valores referentes a perda de rugosidade média (Ra) das amostras.

**Tabela 4:** Valores de Rugosidade Média Obtida por Amostra

<b>Grupo</b>	<b>Amostra</b>	<b>Rugosidade Média Inicial (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Rugosidade Média Final (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
<b>Vermelho</b>	1	1,571	0,291
	2	0,24	0,029
	3	0,148	0,032

	4	0,385	0,2
	5	0,146	1,486
	6	0,445	0,028
	7	0,717	0,369
	8	0,23	0,035
	9	2,112	0,181
	10	0,614	0,47
<b>Azul</b>	11	2,062	1,136
	12	1,987	0,679
	13	0,414	2,152
	14	4,252	1,965
	15	0,143	1,25
	16	2,548	1,038
	17	4,184	0,152
	18	0,053	0,178
	19	0,498	2,665
	20	0,941	2,267
<b>Somente Gel</b>	21	0,175	0,852
	22	0,202	1,35
	23	0,028	0,299
	24	0,098	0,135
	25	0,356	0,229
	26	0,161	2,219
	27	0,023	0,63
	28	0,155	1,379
	29	0,071	0,149
	30	0,064	1,194

Em seguida, com os valores apresentados, foram obtidos valores médios referentes a cada grupo experimental. Foi realizado o teste *t* de Student para amostras independentes, ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ) e foram feitas as comparações individuais para cada grupo nos diferentes tempos experimentais: antes do clareamento e após o clareamento. Os valores médios de cada grupo experimental, e os valores de *p* obtidos com a análise estatística, encontram-se na Tabela 5 apresentada a seguir:

**Tabela 5:** Rugosidade média pro grupo e valores de p obtidos após análise estatística

Grupo	Rugosidade Média Inicial ( $\mu\text{m}$ )	Rugosidade Média Final ( $\mu\text{m}$ )	Valor de p obtido
Vermelho	0,6608	0,3121	0,09
Azul	1,7079	1,3482	0,26
Somente Gel	0,1333	0,8436	0,002

Podemos observar que apenas o grupo não irradiado apresentou relevância estatística, ou seja, o clareamento promoveu alterações estatisticamente significantes na rugosidade das amostras.

Embora não tenha havido diferença estatisticamente significativa, é possível concluir que os grupos que tiveram fotoativação tiveram redução da rugosidade do esmalte, enquanto que o grupo sem irradiação aumentou significativamente a rugosidade do esmalte submetido ao processo de clareamento.

O aumento de rugosidade aumenta a porosidade do dente, tornando este mais susceptível ao acúmulo de placa bacteriana e, portanto, aumenta as chances deste dente manchar novamente. Este acúmulo de placa também aumenta a probabilidade de ocorrência de inflamação na gengiva ou até mesmo cárie.

De acordo com Riehl (RIEHL, 2002), quatro diferentes tipos de gel foram submetidos a testes de rugosidade sem ativação de luz laser ou LED, inclusive o gel aplicado neste experimento, que também apresentou estatisticamente um aumento de dureza nas amostras após o processo de clareamento utilizando o gel a base de peróxido de hidrogênio. Esse resultado é semelhante ao aqui obtido, mostrando que o processo de clareamento,

utilizando gel a base de peróxido de hidrogênio é danoso para a rugosidade do esmalte dental.

Já em um outro estudo, realizado por Xavier *et al.* (XAVIER, 2009), o procedimento de clareamento utilizando, também, gel a base de peróxido de hidrogênio foi avaliado com e sem ativação a laser. Nesse caso, o grupo ativado com laser não apresentou alteração estatisticamente relevante de rugosidade, enquanto o grupo que não recebeu ativação por luz, apenas o gel, foi observado um aumento de rugosidade, mostrando que, dependendo do agente clareador e do tempo de exposição, podem surgir danos na microestrutura do esmalte dental. Esse fato pode ser causado pelos ácidos que compõem o gel clareador.

Como apresentado, o estudo aqui apresentado corrobora com os outros estudos já existentes em literatura, e com as hipóteses inicialmente propostas, mostrando que a ativação por luz do gel clareador não causa danos na rugosidade superficial, muito pelo contrário, já que quando associada ao gel a base de peróxido de hidrogênio, ajuda a prevenir aumento de rugosidade, evitando assim, aumento da porosidade e conseqüentemente de placa bacteriana.

### **5. 3 Análise composicional**

Qualitativamente, os espectros de absorção foram normalizados pela intensidade da banda de absorção do fosfato, considerando que esta é a banda

com menor possibilidade de alteração decorrente dos tratamentos. As figuras abaixo mostram o espectro de absorção no infravermelho de um esmalte bovino sem tratamento, evidenciando suas principais bandas de absorção e, em seguida, a média dos espectros dos grupos experimentais antes e depois do processo de clareamento.

Figura 15: Espectro de absorção do esmalte bovino sem tratamento.

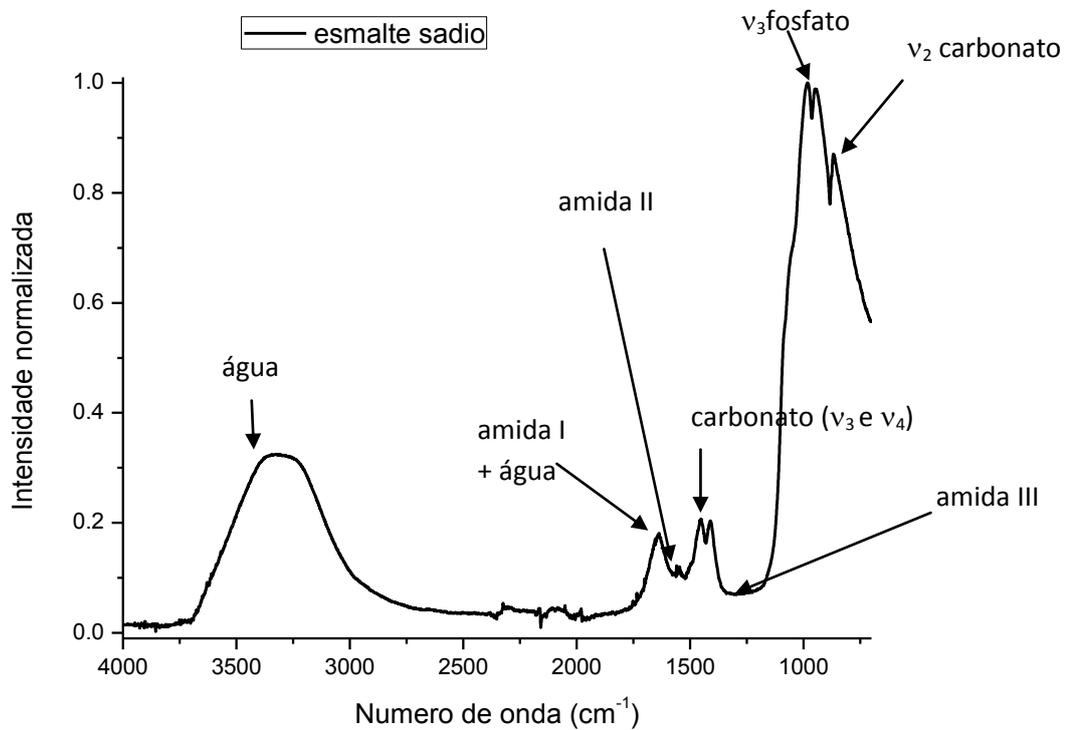
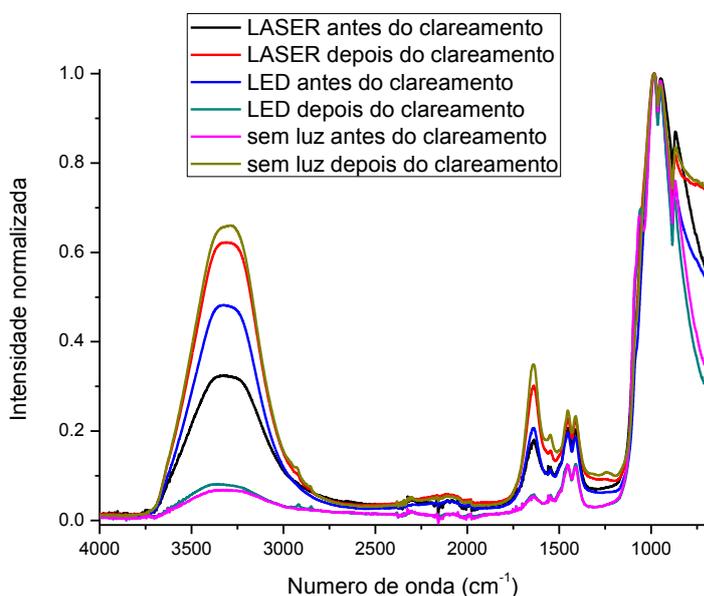


Figura 16: Média dos espectros de absorção no infravermelho das amostras de cada grupo experimental, antes e depois dos tratamentos



Observou-se mudanças significativas no conteúdo de água após os tratamentos, provavelmente devido à lavagem das amostras durante a remoção do gel. Há também mudanças no conteúdo orgânico, o que é explicado pela análise semi-quantitativa.

Em um primeiro momento, foi realizada uma comparação intra-grupo, ou seja, a comparação antes e depois dos tratamentos, empregando-se teste *t* de Student. Foi possível observar, pelos valores de *p* apresentados na Tabela 6 abaixo que, no grupo irradiado com LED azul houve uma alteração da composição da amida II e de carbonato  $\nu_2$  estatisticamente relevante, enquanto que no grupo irradiado com laser vermelho houve alteração semelhante apenas no grupo carbonato  $\nu_2$ . Essa alteração indica diminuição significativa do conteúdo deste radical nos grupos referenciados após o clareamento.

**Tabela 6:** Valores de p obtidos na comparação intra grupos.

	Grupo Laser Vermelho	Grupo LED azul	Grupo Sem Luz
v <sub>2</sub> carbonato	<b>0,0427</b>	<b>0,0466</b>	0,38
v <sub>3</sub> e v <sub>4</sub> carbonato	0,08	0,11	0,16
amida II	0,13	<b>0,042</b>	0,18
amida I	0,39	0,15	0,17
água fracamente ligada	0,29	0,11	0,16

Posteriormente, foi realizada uma comparação inter-grupos, onde os 3 grupos foram comparados entre si empregando-se ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. Os valores de p obtidos estão apresentados na Tabela 7 abaixo.

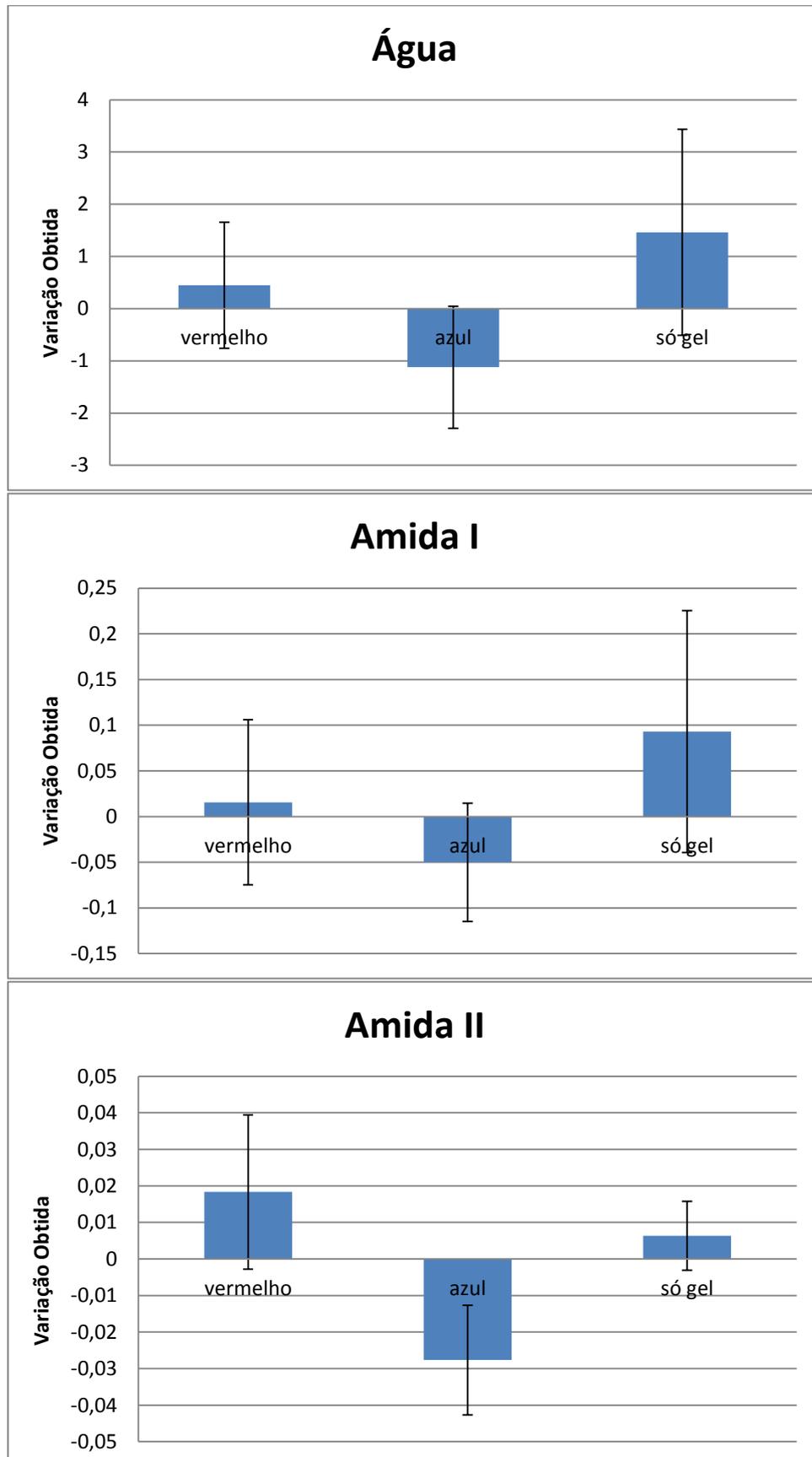
**Tabela 7:** Valores de p na comparação entre grupos obtidos pela ANOVA..

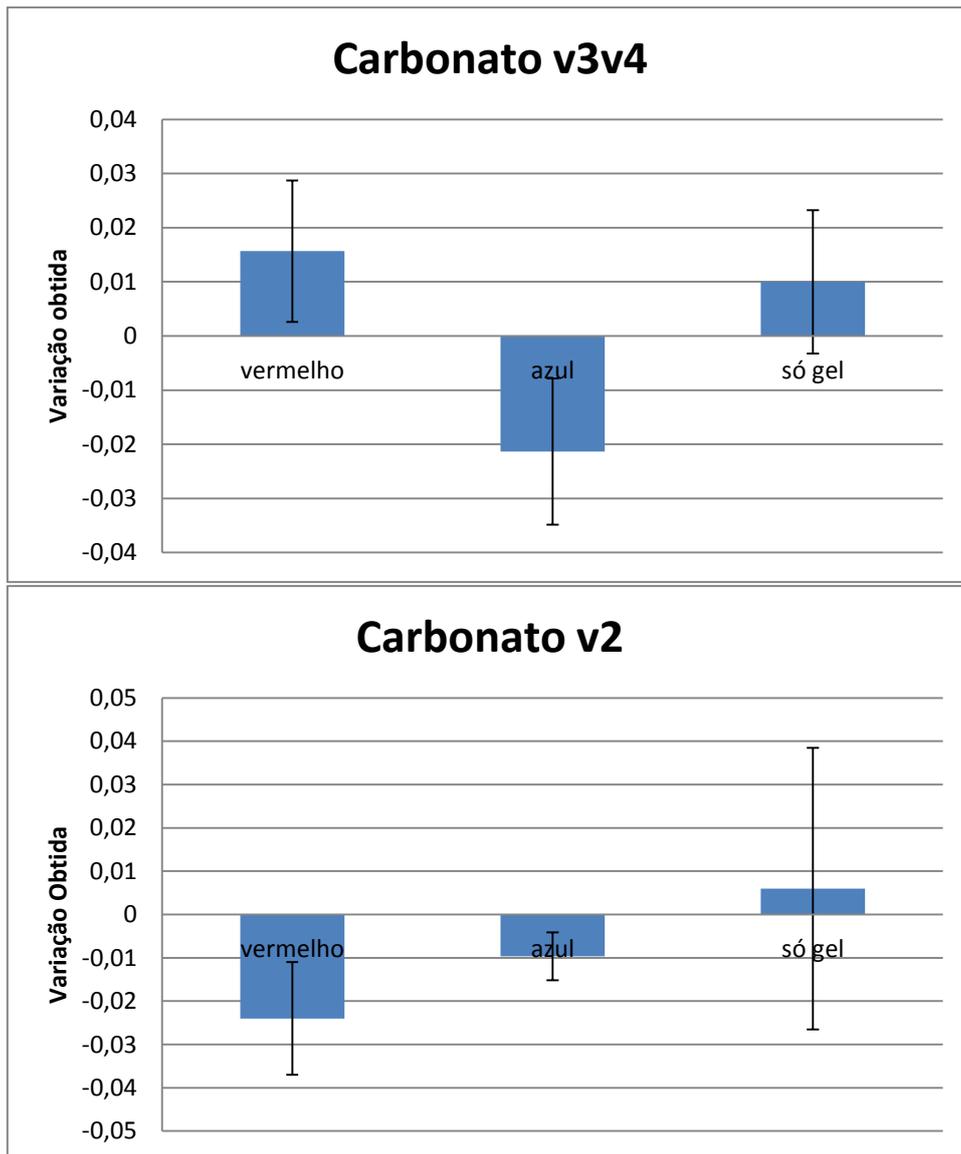
	água fracamente ligada	amida I	amida II	v <sub>3</sub> e v <sub>4</sub> carbonato	v <sub>2</sub> carbonato
<b>p</b>	0,18	0,287	<b>0,029</b>	<b>0,0291</b>	0,27

Fazendo o teste de Tukey para as amostras que apresentaram  $p < 0,05$ , podemos observar que o grupo irradiado com laser vermelho aumentou significativamente o conteúdo de amida II em relação ao grupo irradiado com LED azul. Quando comparados ao grupo onde não houve fotoativação (grupo

só gel), nenhum dos demais grupos apresentou diferenças na quantidade de amida II. O grupo irradiado com laser vermelho aumentou significativamente o conteúdo de carbonato  $\nu_{3\nu_4}$  em relação ao grupo irradiado com LED azul. Quando comparados ao grupo só gel, nenhum dos demais grupos teve diferenças na quantidade de carbonato. Na Figura 20 abaixo, é possível observar um panorama geral das diferenças entre grupos para cada mineral, onde as barras significam o desvio padrão da análise.

Figura 17: Comparação entre grupos..Cada gráfico significa um componente diferente As barras indicam desvio padrão.





Em estudo semelhante, Sun *et al.* (SUN, 2011) realizaram análise composicional por espectroscopia FTIR-ATR em géis clareadores de diferentes pHs, estudando a perda de carbonato de cada uma das amostras dos diferentes grupos experimentais, ácido, neutro e controle. Apenas o grupo ácido sofreu desmineralização, mostrando que a perda de mineral, ou a alteração de composição química do esmalte dental, estão relacionadas

características físico químicas do gel clareador e não à aplicação de luz. O presente estudo corrobora com os resultados da literatura, pois não foi evidenciada perda mineral após os clareamentos, mas sim alterações em carbonato ou amidas, indicando uma provável adsorção do gel no esmalte em decorrência da fotoativação.

Em estudo semelhante, Berger (BERGER, 2007) utilizando espectroscopia Raman para análise composicional, utilizou diferentes fontes de luz em processo semelhante ao aqui realizado, e analisou a relação antes e depois de fosfato:carbonato, em normalização semelhante à relacionada neste trabalho. O estudo citado indicou que a perda de mineral ocorreu no grupo que recebeu ativação por *laser* e LED, o que difere dos resultados obtidos no presente estudo. Mesmo assim, a perda mineral foi relacionada à perda de cálcio, e foi menor que nos grupos clareados com o auxílio de lâmpadas halógenas ou sem luz alguma.. No presente trabalho, embora não tenha sido mensurada a perda de cálcio das amostras, pode-se inferir que não houve perda mineral, pois não foram detectadas alterações significativas na microdureza superficial das amostras, assim como não foram observadas perdas no conteúdo de carbonato ou de fosfato.

#### 5.4. Análise dos espectros de absorção do gel e de emissão das fontes de luz

Os espectros de emissão das fontes de luz utilizadas neste trabalho são apresentados abaixo.

Figura 18: Espectro de emissão do LED azul

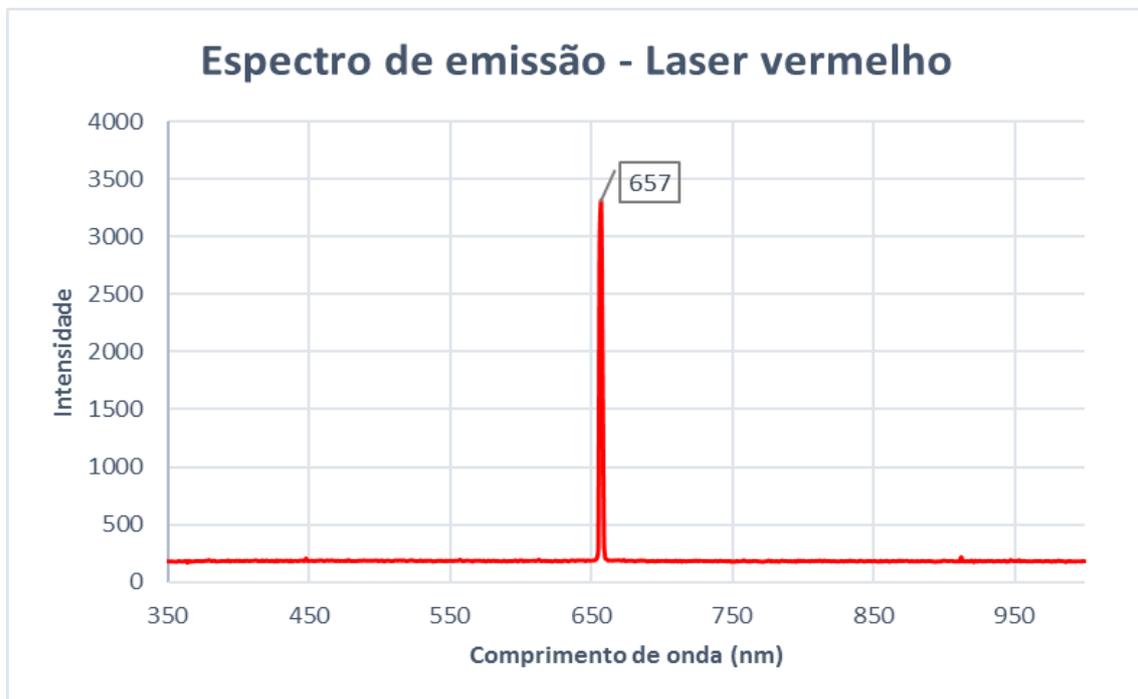


Podemos observar na figura que o pico de emissão da fonte de luz acima é em 454 nm, e a largura a meia altura da curva (FWHM) tem 26,3 nm. Nas especificações do fabricante, é identificado que o dispositivo utilizado emite um comprimento de onda de 450nm com erro de 10nm para baixo ou para cima. Ou seja, o comprimento de onda de emissão informado pelo fabricante, corrobora com o apresentado pelo espectro obtido. Porém a largura de banda informada pelo fabricante (20nm, 10nm acima e 10nm abaixo do

comprimento de emissão) é ligeiramente menor que a obtida experimentalmente.

A fonte de luz de cor vermelha, como é possível notar na imagem abaixo, tem pico de emissão em 657nm e largura a meia altura da curva (FWHM) de 2,2nm. O fabricante especifica que o *laser* tipicamente emite um feixe de 658nm, que é um valor praticamente coincidente com o obtido experimentalmente. Informações a cerca da largura de banda de emissão do equipamento não são especificadas, apenas é apresentado o fato de que o equipamento pode emitir entre 640nm e 680nm apesar da emissão típica apresentada acima ser a característica..

*Figura 19: Espectro de emissão do LED azul*

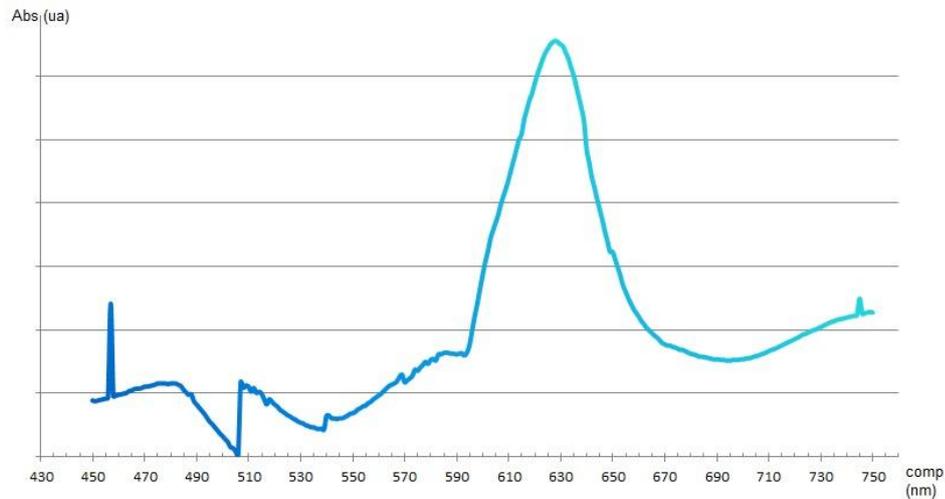


Comparando-se ambas as curvas de emissão, é possível notar pelos valores de FWHM que a emissão da fonte vermelha (*laser*) tem uma largura de banda menor, o que é esperado tendo em vista tratar-se de um laser. Já o LED azul tem uma maior largura de banda, porém muito inferior à largura de uma lâmpada halógena. Quanto maior a largura da banda, maior a probabilidade de gerar injúrias aos tecidos devido ao aquecimento. A literatura afirma (ZACH, 1965) que aumentos de temperatura superiores a 5,6 °C causam efeitos irreversíveis na estrutura do dente, especialmente no tecido pulpar.

Em estudo realizado para avaliar os efeitos do aumento de temperatura associado a emissão de diferentes fontes de luz (CALMON, 2004), observa-se que em conjuntos de fontes de luz compatíveis com a absorção de um gel clareador, o aumento de temperatura medido é seguro, já fontes de luz que tem banda de emissão genérica, como lâmpadas halógenas, por exemplo, o risco da temperatura passar dos limites padronizados pela literatura é muito alto. Dito isto, uma fonte com banda de emissão mais restrita e adequada a absorção do gel garante segurança quanto ao aumento de temperatura.

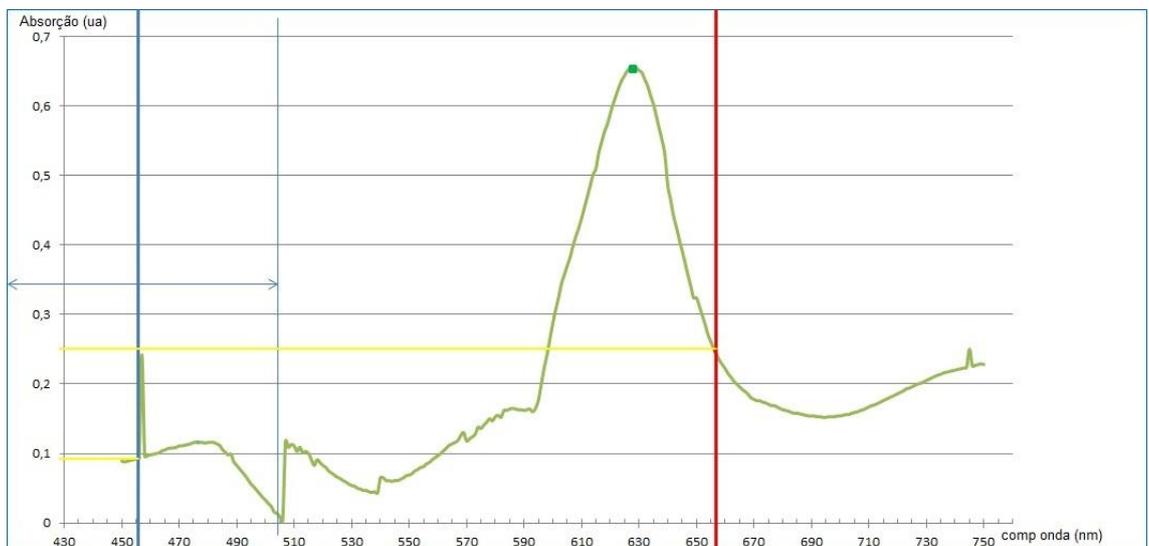
Quanto à eficiência do processo, foi proposto na hipótese experimental deste trabalho que a fonte de luz que emitisse o comprimento de onda mais próximo ao comprimento de absorção promoveria um procedimento mais eficiente. Na figura 23 abaixo é possível observar o espectro de absorção do gel clareador utilizado nesse trabalho.

Figura 20: Espectro de absorção do gel clareador.



Na figura, podemos observar que o comprimento onde a maior absorção ocorre é em 627nm. As fontes de luz que foram utilizadas nesse trabalho, se representadas graficamente no espectro de emissão representado acima, podem mostrar uma previsão da eficácia do clareamento, que será discutida na próxima sessão deste trabalho.

Figura 21: Espectro de absorção do gel clareador associado com as fontes de emissão. As linhas mais grossas representam o pico de emissão da fonte de luz e as linhas mais finas em azul representam a largura da emissão do LED.



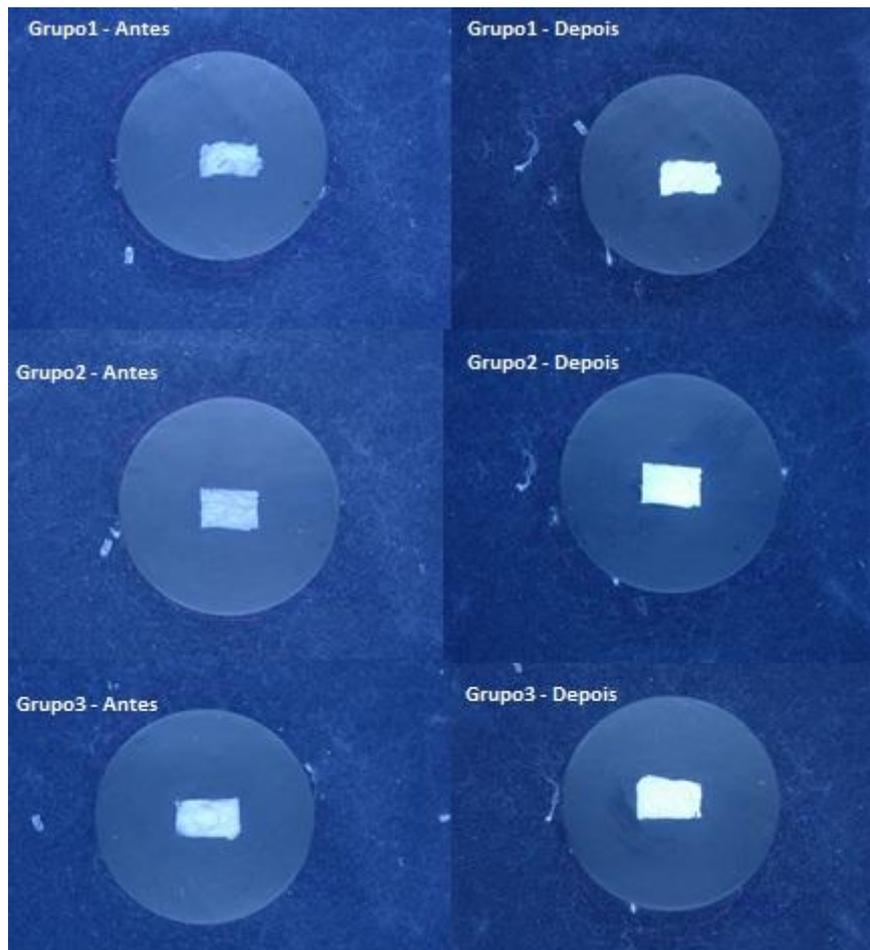
As linhas verticais inseridas na imagem representam os picos de emissão das fontes de luz, representadas em suas respectivas cores. As linhas horizontais em amarelo representam a quantidade de absorção em cada clareamento, apesar de representado em unidades arbitrárias, quanto mais alto essa linha cruzar o eixo de absorção, mais eficiente deveria ser o tratamento. Desta forma, o procedimento realizado com a fonte de laser vermelho apresentaria mais eficiência na análise de cor. Outro ponto importante a se destacar é que o procedimento mais eficiente o possível consiste na aplicação de uma fonte de luz com pico de emissão em 627nm.

É possível observar que, ao observarmos toda a banda de emissão do LED (seta horizontal), esta coincide com um pico muito semelhante ao da fonte de luz vermelha, o que pode representar em alguns casos, efeito semelhante em ambos os grupos, o que poderá ser visto na análise de cor.

### ***5.5 Análise de diferença de cor***

Na imagem abaixo é possível observar qualitativamente o efeito do clareamento realizado em uma amostra representativa de cada grupo experimental.

Figura 22: Amostras antes e depois do procedimento de clareamento.



Observando a olho nú, é possível observar que os três procedimentos promoveram efeitos satisfatórios, proporcionando que as superfícies ficassem mais brancas do que inicialmente.

Com a análise de todas as amostras de todos os grupos pelo software *MatLab*, foram possíveis obter os determinados parâmetros, os quais são descritos na Tabela 8.

**Tabela 8:** Valores de variação médios e desvio padrão de L, a, b e  $\Delta E$  para cada grupo.

	DELTA				DESVIO PADRÃO			
	L	a	b	deltaE	L	a	b	deltaE
Grupo Laser Vermelho	5,28	1,99	8,80	10,56	1,79	0,93	2,83	3,09
Grupo LED Azul	7,14	1,82	10,99	13,60	2,45	2,34	4,08	4,14
Grupo Sem Luz	6,44	1,80	10,45	12,48	2,77	1,31	4,25	5,02

Graficamente, é possível observar as alterações para cada parâmetro analisado (L, a, b), sendo que as barras representam o desvio padrão de cada grupo.

*Figura 23: Variação do valor de L para cada um dos grupos experimentais. As barras indicam desvio padrão.*

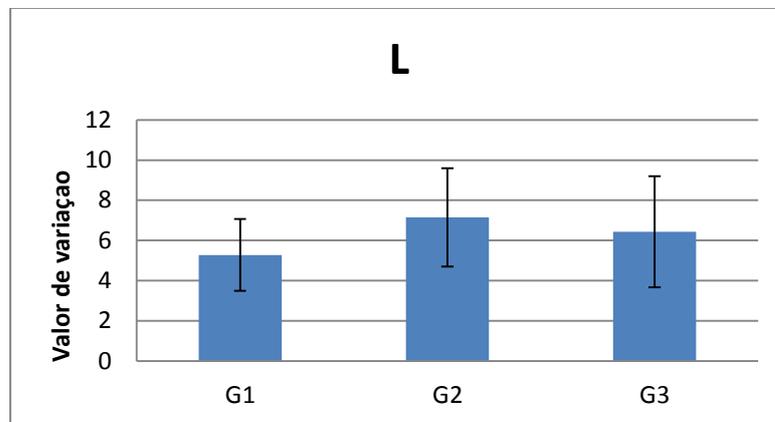


Figura 24: Variação do valor de  $a$  para cada um dos grupos experimentais. As barras indicam desvio padrão.

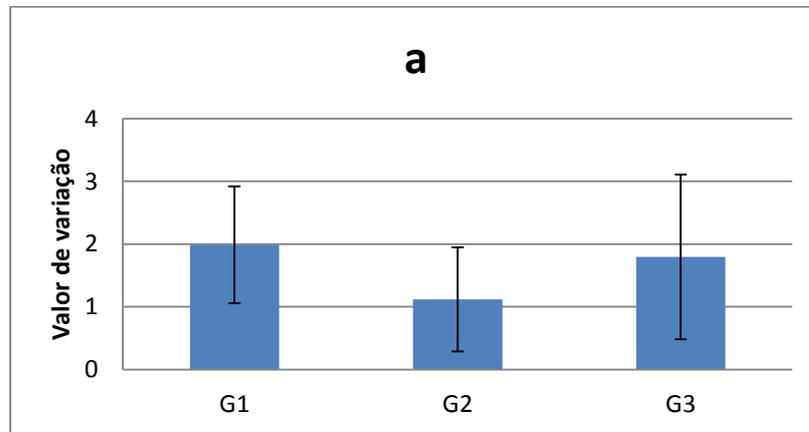
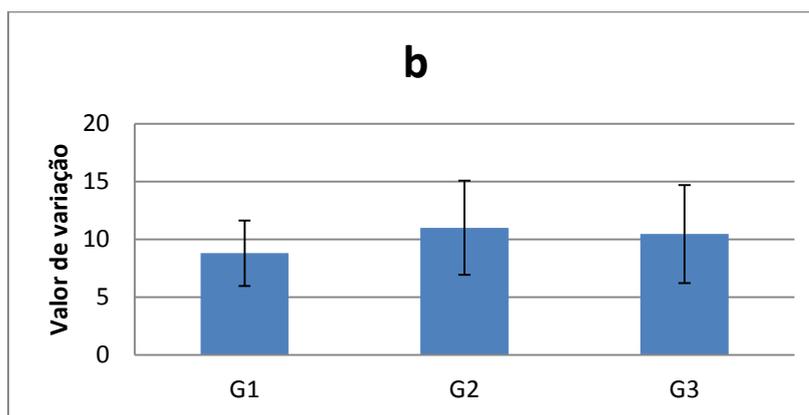


Figura 25: Variação do valor de  $b$  para cada um dos grupos experimentais. As barras indicam desvio padrão.



Foi efetuado teste de normalidade das amostras, com base nos desvios padrão. Apenas uma amostra do grupo 2 (irradiação com LED azul) em relação ao parâmetro  $a$  apresentava-se fora dos padrões e foi removida. Todos os grupos apresentaram distribuição normal e homogênea, de acordo com os testes de Shapiro Wilk e Levene. Desta forma, foi efetuada análise de variância de 1 fator (ANOVA) para todas as comparações. Os valores de  $p$  para cada fator podem ser observados na Tabela 9 abaixo.

**Tabela 9:** Valores de p para cada parâmetro da escala CIE Lab analisado.

Parâmetro	p
<b>Delta L</b>	0,2247
<b>Delta a</b>	0,19
<b>Delta b</b>	0,5861
<b>Delta E</b>	0,2713

Comparando agora grupo a grupo, foi feita análise estatística semelhante à realizada para cada parâmetro, sempre considerando nível de significância estatística de 5% ( $p < 0,05$ ). Foi efetuado teste de normalidade para exclusão de pontos fora da curva, e os *outliers* foram removidos. Foi feita a comparação estatística grupo a grupo, considerando amostras relacionadas pelo teste *t* de Student.

Valores de p que indicaram alteração naquele parâmetro para cor das amostras de cada grupo foram encontrados em L e b, para todos os grupos experimentais. Já para o parâmetro a, não houve diferença estatística para nenhum grupo de clareamento antes e depois do clareamento.

Para o grupo 1, ativado com luz laser vermelha, houve um aumento de L e b. Para o grupo 2, ativado com luz LED azul, houve uma diminuição de L e aumento de b, e no grupo 3, que não recebeu ativação de luz, houve um aumento de L e b. Já para o parâmetro a, os valores de p para o grupo 1, 2 e 3 foram respectivamente 0,19; 0,15; 0,29, indicando a ausência de diferença estatística como apresentado anteriormente.

A seguir, é possível observar os gráficos de alteração de cor por parâmetro para cada grupo, sendo que o grupo 1 trata-se do grupo ativado por luz vermelha, o grupo 2 ativado por luz azul, e o grupo 3 o grupo que não recebeu nenhuma ativação de luz. Lado a lado, se encontram os valores do grupo antes do procedimento de clareamento e depois deste (d). Novamente, as barras indicam o desvio padrão das amostras.

*Figura 26: Valor de L para cada um dos grupos experimentais antes e depois do procedimento. As barras indicam desvio padrão.*

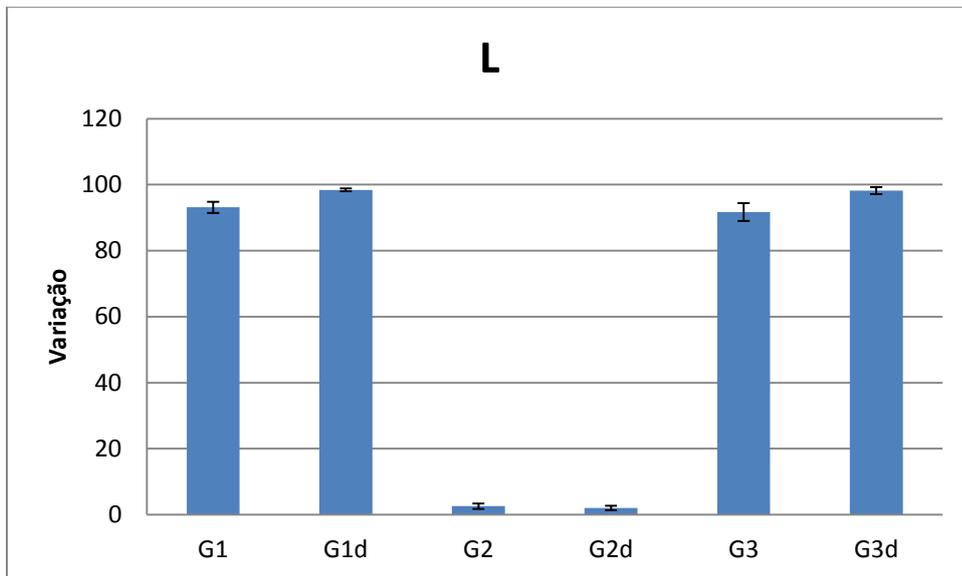


Figura 27: Valor de *a* para cada um dos grupos experimentais antes e depois do procedimento. As barras indicam desvio padrão.

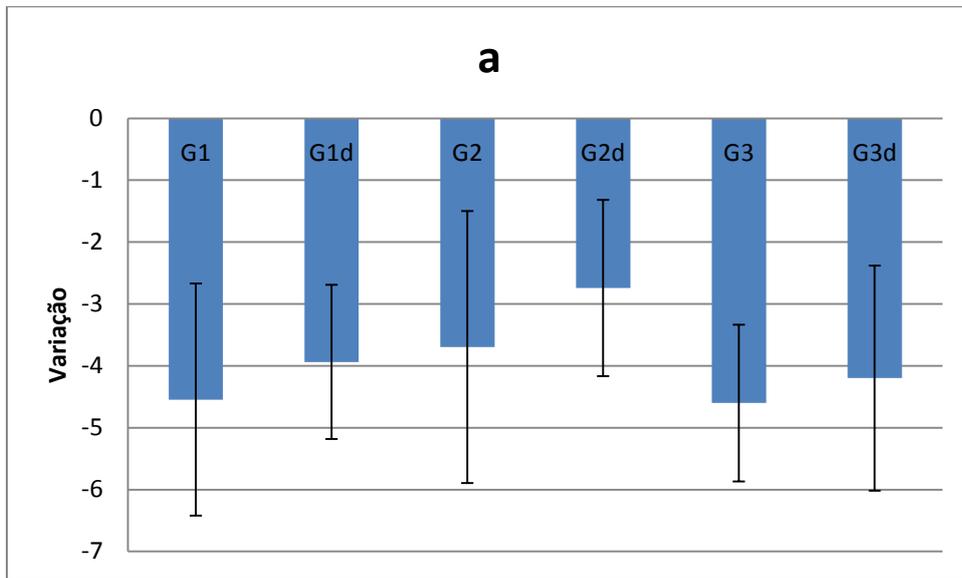
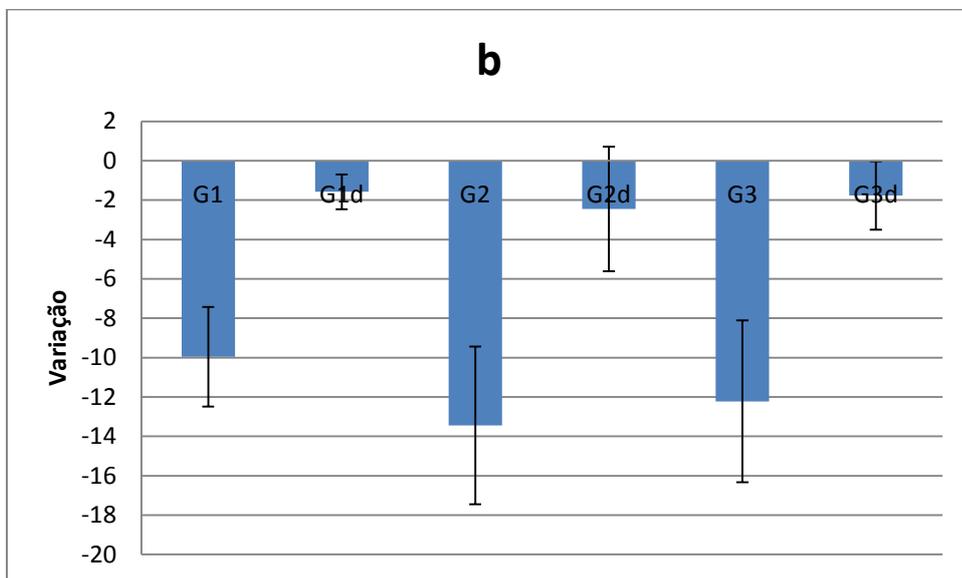


Figura 28: Valor de *b* para cada um dos grupos experimentais antes e depois do procedimento. As barras indicam desvio padrão.



Dessa forma, não foi observada nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os grupos, ou seja, nenhum dos valores considerados (L, a, b

ou  $\Delta E$ ) foi maior ou menor em quaisquer grupos. Ou seja, todos os tratamentos propostos alteram a cor por igual.

Desta maneira, em um primeiro momento, parece que as amostras irradiadas com luz e as que sofreram clareamento apenas com o gel tiveram um retorno à cor original, ao contrário do esperado, que seria a irradiação com laser vermelho a mais eficiente.

Este fato pode ser justificado pelos picos de absorção do gel clareador e a irradiação de cada fonte de luz. Como mostrado na seção anterior, o comprimento de onda do laser vermelho não coincide com o pico da absorção do gel clareador, gerando um efeito menor que o esperado, já o LED azul, devido a banda de emissão mais larga tem uma faixa de emissão em um pico de absorção do gel, o que pode explicar a eficiência semelhante de todos os procedimentos.

O referente trabalho foi realizado utilizando dispositivos presentes no mercado e que são utilizados por odontologistas para a realização desse procedimento. Empresas que fornecem estes tipos de aparelho garantem que o equipamento promove um procedimento mais eficaz; porém, esse tipo de resultado não ocorreu neste trabalho, já que o procedimento de clareamento dental foi eficiente com e sem aplicação de luz. Uma análise mais profunda da mudança de cor pode ser realizada construindo um dispositivo emissor de luz que coincida exatamente com o pico de absorção do gel, ou seja 627nm e dessa forma, analisar se este promove valores de L, a, b e  $\Delta E$  maiores que os equipamentos utilizados atualmente, mostrando se, de fato, quando coincidente com o pico de absorção do gel clareador, a aplicação de fontes de

luz no processo de clareamento seria mais eficaz, ou apenas uma estratégia comercial por parte das empresas da área de estética odontológica.

## 6. Conclusão

O clareamento dental associado a fontes de luz mostrou-se seguro quanto à microdureza, composição e rugosidade. Apesar de alguns pontos apresentarem diferença estatística, não chegam a significar efeitos deletérios na estrutura do esmalte, e sim consequências de um procedimento químico, ressaltando a necessidade de acompanhamento odontológico para este tipo de procedimento.

Quanto à eficácia, todas as técnicas aqui estudadas apresentaram eficácia semelhante, não indicando vantagem na aplicação do gel clareador associado a fontes de luz, sejam elas laser ou LEDs. Contudo, as características das fontes de luz utilizadas diferem do pico de absorção do gel clareador, fazendo com que sejam necessários mais estudos relacionando de maneira exata a emissão de uma fonte de luz juntamente com o pico de absorção do gel clareador.

## 7. Referências Bibliográficas

AKYALCIN S, Rykiss J, Rody WJ, Wiltshire WA. **Digital analysis of staining properties of clear aesthetic brackets**. Journal of Orthodontics, v. 39, pg. 170-175. 2012.

American dental association. **Council on scientific affairs laser-assisted**

**bleaching: an update.** J AmDentAssoc 1998; 129(10) : 1484 – 487

ANDRADE, AP. **Monitoramento do Processo de desmineralização e remineralização do esmalte dental humano durante e após o clareamento dental.** (Tese de Doutorado) São Paulo, Faculdade de Odontologia da Usp. 2009

BACHMANN,L. **Estrutura e Composição do Esmalte e da Dentina Tratados Termicamente ou Irradiados com Lasers Emissores no Infravermelho.** Tese de Doutorado. IPEN. São Paulo. 2004

BARATIERI, LN. **Dentística restauradora: fundamentos e possibilidades.**São Paulo: Ed. Santos; 2001: 740

BERGER, SB. **Efeitos de agentes clareadores de alta concentração para tratamento em consultório na microdureza, morfologia e composição química do esmalte humano.** Tese de doutorado. FO – UNICAMP. 2007

BISPO, LB. **Clareamento Dentário Contemporâneo ‘High tech’ com laser: uma revisão.** Revista Odonto Ciência. Vol21. N51. 87-91. 2006

BORGES AB, Zanatta RF, Barros ACSM, Silva LC, Pucci CR, Torres CRG. **Effect of Hydrogen Peroxide concentration on enamel color and microhardness.**Operative Dentistry, 2014. 39 – 9

BUCHALLA, W. Attin T. **External bleaching therapy with activation by heat, light or laser – A systematic review.** DentMater2007;23:586-96

CAL, E. Güneri. P. Kose, T. **Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides.**Journalof Oral Rehabilitation.nº 33, pg. 221-228. 2006

CALLISTER, W.**Ciência e Engenharia dos materiais: Uma introdução 5ª ed.** Rio de Janeiro: LTC. 2008.

CALMON, JW et al. **Estudo do aumento de temperatura intra-pulpar gerado pelo clareamento dental.** Revista Goiana de Odontologia. Vol52. Goiania, Brasil. 2004

CARNEVALLI B, Ferreira MB, Franco de Carvalho EMO. **Avaliação do clareamento dental exógeno por meio de fotografia digital.** RevOdontol UNESP 2010; 39(1): 9-13

CAVALCANTI, TM. Almeida-Barros, RG. Catao, MHCV. Feitosa, APA. Lins, RDAU. **Conhecimento das propriedades físicas e da interação laser com os tecidos biológicos na odontologia.** An Bras Dermatol, 86ed. 955-60. 2011

CHEN, JH. Xu, JW. Shing, CX. **Decomposition rate of hydrogen peroxide bleaching agents under various chemical and physical conditions.**J ProsthetDent 1993; 69 (1) : 46- 8

CHINA ALP, Souza NM, Gomes YSBL, Alexandrino LD, Silva SM. **Effect of Fluoride Gels on Microhardness and Surface Roughness of Bleached Enamel.** The Open Dentistry Journal; 8/2014; 188 – 193.

COUTINHO, D.S, Silveira, L., Jr., Nicolau, R.A., Zanin, F., e Brugnera, A, Jr. (2009).**Comparison of temperature increase in in vitro human tooth pulp by different light sources in the dental whitening process.** Lasers Med. Sci. 24, 179-185

**Color Models – CIELAB.** In Adobe, Technical Guides – Adobe Systems Incorporated. 2000. Acesso em 25/11/16. Disponível: <[http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\\_tg/models/cielab.html](http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html)

DAHL JE, Pallesen U. **Tooth bleaching - a critical review of the biological aspects.** CritRev Oral BiolMed 2003; 14(4) : 292 – 304

DOSTALOVA T et al. **Diode laser-activatedbleaching.**Braz Dent J 2004; 15 : 13 -18

EFEUGLU N, Wood D, Efeoglu C. **Microcomputerised tomography evaluation of 10% carbamide peroxide applied to enamel. J Dent 2005; 33 (7) : 561 - 7**

FEVERSKOV O, Kidd E. **Cárie dentária: a doença e seu tratamento clínico.** São Paulo: Livraria Santos; 2005

FRANCCI, C. et al. **Clareamento dental: Técnicas e conceito atuais.** Revista Associação Paulista de Cirurgia Dental. São Paulo, 2010.

FREITAS, ACP. **Influencia do tipo de polimento pós clareamento na alteração de rugosidade, cor e brilho da superfície do esmalte dental humano.**Tese de Doutorado. FO-USP. São Paulo, Brasil. 2010

GARBER, DA. **Dentist- monitored bleaching: a discussion of combinations and laser bleaching.**J AmDentAssoc 1997; 128 : 265 – 305.

GOKAY, O, Mujdeci A, Algin E.**In vitro peroxide penetration into the pulp chamber from newer bleaching products.** Int. Endod J 2005; 38: 516-20

GOMES, MN, Francci C, Medeiros IS, et al. **Effect of light irradiation on tooth whitening enamel microhardness and color change.**J EsthetRestorDent 2009; 21:387-94

GUYTON, AC. Hall, JE. **Tratado de fisiologia médica.**12ªEd. Editora Bookman. 2011

HEIN, DK, Ploeger BJ, Hartup JK, et al. **In-office vital tooth bleaching – what do lights ass?** CompendContinEduc Dent 2003; 24:340-52

HEYMANN, HO. **Tooth whitening: facts and fallacies.** Br Dent J 2005; 198:514

JAING, T. Ma X, Wang Y, Zhu Z, Tong H, Hu J. **Effects of hydrogen peroxide on human dentin structure.** J Dent Res 2007; 86 (11) : 1040 – 5

JOINER, A. **The bleaching of teeth: a review of the literature.** J Dent 2006; 34:412-9

KAKABOURA, A. Fragiolli, M. Raiotis, C. Silikas, N. **Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter.** J Mater Sci: Mater Med vol18:155–163. USA. 2007

KUTCH, VK. **Lasers in dentistry: comparing wavelengths.** J AmDentAssoc 1993; 124 : 49 – 54

LIMA, T. Ana, PA. **Avaliação dos efeitos de diferentes fontes de luz sobre o processo de clareamento dental.** Trabalho de conclusão de curso. UFABC. 2015

LUK, K., Tam, L., e Hubert, M. (2004). **Effect of light energy on peroxide tooth bleaching.** J. Am. Dent. Assoc. 135,194-201

LORENZO, JA et al. **Clinical study oh halogen ligh activated bleaching agent in non-vital teeth: case reports.** QuintessenceInt 1996; 27(6) : 383 – 38

MAGALHÃES JG et al. **Microhardness change of enamel due to bleaching with in-office bleaching gels of different acidity.** Acta Odontológica Sacandinavica, 2012; 70: 122 – 126

MAIA, A. Catao, MHCV. **Clareamento Dental Laser e Led com Peróxido de Hidrogênio.** Revista Brasileira de Ciências da Saúde. Vol 14. N1. 99-108. 2010

NEWMANN, M. Takei, H. Carranza, F. **Periodontia Clínica**. 9ªed. Editora Mc Graw-Hill Interamericana. 2005

NISHIO, C. **Formação do esmalte dentário: novas descobertas, novos horizontes**. Revista Dental Ortodontia e Ortopedia Facial. Vol13, pag 17 – 18. Maringá. 2008

OKUBO, SR. Kanawati A, Richards MW, Childress S. **Evaluation of visual and instrument shade matching**. The Journal of Prosthetic Dentistry. V. 80, nº 6, pg. 642-648. 1998

PARREIRAS SO, Vianna P, Kossatz S, Logercio AD, Reis A. **Effects of Light Activated in-office bleaching on permeability, microhardness and mineral content of enamel**. Operative Dentistry, 2014; 39-5; E225 – E230.

PEDROSA, I. **Da cora cor inexistente**. 10ª Ed. Editora Senac. 2002

PIROLO, R.; Mondelli, R. F. L.; Correr, G. M.; Gonzaga, C. C.; Furuse, A. Y. **Effect of coffee and cola-based soft drink on the color stability of bleached bovine incisors considering the time elapsed after bleaching**. Journal of Applied Oral Science – EUA. Vol 22. Num 6. Pag 534-540. 2014

RIEHL, Heraldo. **Estudo in vitro do efeito de tres diferentes agentes clareadores sobre a dureza e rugosidade do esmalte dentário bovino**. Tese (Doutorado em Dentística). Universidade de São Paulo, Bauru, 2002.

.RIEHL, H. Nunes MF. **As fontes de energia luminosa são necessárias na terapia de clareamento dental?** 2007.

REYTO, R. **Laser tooth whitening**. Dent Clin North Am 1998; 42(4) : 755 –

SOARES, FF et al. **Clareamento em dentes vitais: uma revisão literária**. Revista Saúde Com. Bahia, 2008

SULIEMAN M, Addy M, Ress JS. **Surface and intrapulpal temperature rises during tooth blaching: an in vitro study**. Br Dent J 199:37- 2005

SUN, G. **The role of lasers in cosmetic dentistry**. Dent. Clin. North. Am. 44, 831-850. China. 2011

SUN, L et al. **Surface alteration of human tooth enamel subjected to acid and neutral 30% hydrogen peroxide.**Journalofdentistry. China, 2011

TAKATSUI, F. **Sistema CIE LAB: análise computacional de fotografias.**  
Tese de Mestrado. UNESP 2011, Araraquara

TÉO, TB. Takahashi MK, Gonzaga CC, Lopes MGK. **Avaliação, após clareamento, da alteração de cor de dentes bovinos imersos em soluções com elevado potencial de pigmentação.**Rev Sul-Bras Odontol. 2010 Oct-Dec;7(4):401-5.

TOKUMI, AFA. **Cor em Odontologia.** Trabalho de Conclusão de Curso. UFSC 2007, Florianópolis

UNLU, N. Cabankara FK, Altinöz C, Ozer F. **Effect of home bleaching agents on the microhardness of human enamel and dentin.**J Oral Rehabil 2004; 31(1) : 57 – 61

WANG W; Zhu Y, Li J, Liao S e Ai H. **Efficacy of cold light bleaching using different bleaching times and their , effects on human enamel.**Dental MaterialsJournal, 2013; 32(5): 761 – 766

XAVIER et al. **Avaliação da Rugosidade do esmalte de dentes bovinos clareados com e sem ativação por laser.** Revista Sul Brasileira de Odontologia. Vol6. Num1, 2009. Pp 29-33. Joinville, Brasil

ZACH, LDDS. Cohen, GDDS. **Endodontics – American Association of Endodontists.**Oral surg oral med op. Vol19. EUA,1965

ZANIN, F. Brugnera, A. Zanin, S. Campos, DHS. Zanin, VO. **Clareamento dental com laser e led.** RGO. 51ed. 143-146. 2003

ZANIN, F. Freitas, PM. Aranha, ACC. Ramos, TM. Lopes, AO. **Clareamento de dentes vitais com a utilização da luz.** Ver Assoc Paul CIR Dent. 64ed. 338-45. 2010

**ANEXO 1**  
Aprovação da CEUA



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**Fundação Universidade Federal do ABC**  
**Comissão de Ética em Uso de Animais**  
Rua Catequese, 242, 8º andar - Bairro Jardim - Santo André - SP  
CEP 09090-400 - Fone: (11) 4437.8424  
ceua@ufabc.edu.br

**CERTIFICADO**

Certificamos que o protocolo do Projeto de Pesquisa intitulado: “Efeitos microestruturais de diferentes fontes de luz e géis clareadores no processo de clareamento dental *in-office*”, protocolado sob o nº 011/2015, sob a responsabilidade da Profa. Dra. Patricia Aparecida da Ana está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da “Comissão de Ética em uso de animais” da Universidade Federal do ABC e foi aprovado em reunião de 30 de março de 2015.

*We certify that the research “Microstructural effects of different light sources and gels on in-office bleaching process”, protocol number 011/2015, under the responsibility Profa. Dra. Patricia Aparecida da Ana, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by “Ethic Committee in the use of animals” of Universidade Federal do ABC and was approved in the meeting of day March 30, 2015.*

Santo André-SP, 06 de abril de 2015.

Prof. Dra. Renata Simões  
Coordenadora da CEUA - UFABC