



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA  
CURSO DE ODONTOLOGIA**

**GEOVANNA CAROLINE BRITO DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DA IRRADIÂNCIA DOS  
FOTOPOLIMERIZADORES DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA –  
CAMPUS VIII**

**ARARUNA  
2022**

GEOVANNA CAROLINE BRITO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DA IRRADIÂNCIA DOS  
FOTOPOLIMERIZADORES DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA –  
CAMPUS VIII**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

**Área de concentração:** Clínica Odontológica; Dentística; Materiais dentários.

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Gadelha Vasconcelos

**ARARUNA  
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586a Silva, Geovanna Caroline Brito da.  
Avaliação do estado de conservação e da irradiância dos fotopolimerizadores da Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII [manuscrito] / Geovanna Caroline Brito da Silva. - 2022.  
106 p. : il. colorido.  
  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2022.  
"Orientação : Prof. Dr. Rodrigo Gadelha Vasconcelos, Coordenação do Curso de Odontologia - CCTS."  
1. Odontologia. 2. Clínica odontológica. 3. Fotopolimerização. I. Título  
  
21. ed. CDD 617.6

GEOVANNA CAROLINE BRITO DA SILVA

AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DA IRRADIÂNCIA DOS  
FOTOPOLIMERIZADORES DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA –  
CAMPUS VIII

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento do Curso  
de Odontologia da Universidade Estadual  
da Paraíba, como requisito parcial à  
obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

**Área de concentração:** Clínica  
Odontológica; Dentística; Materiais  
dentários.

Aprovada em: 19/07/2022.

**BANCA EXAMINADORA**

Rodrigo Gadelha Vasconcelos:

Prof.º Dr. Rodrigo Gadelha Vasconcelos (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Marcelo Gadelha Vasconcelos:

Prof.º Dr. Marcelo Gadelha Vasconcelos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Fernanda Campos

Prof.ª Dra. Fernanda Campos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me guiar até aqui e me dar ânimo para desejar ir ainda mais longe. Nos dias mais difíceis, Ele tranquilizou meu coração e me manteve firme no propósito. Durante minha graduação, me apeguei ao versículo sagrado “Eu amo os que me amam, e os que de madrugada me buscam me encontrão” (Provérbios 8:17). Nas noites em claro estudando, eu sempre O encontrei.

À minha família, especialmente a meu pai, José Carlos (*in memoriam*), que sempre me questionava sobre a lista de espera com a certeza inabalável da minha aprovação no curso. Infelizmente, o perdi dias antes do resultado, mas sou grata por ter tido, em casa, um exemplo de profissional que tinha uma dedicação incansável ao trabalho e por ter se tornado uma referência para o resto da minha vida.

À minha mãe, Lourivania, por ser a mulher mais forte que conheço e por, muitas vezes, ter se colocado em segundo plano para o progresso dos seus filhos. Manifesto aqui minha gratidão por desde a infância ter investido fortemente na minha educação e por depositar sua confiança em mim todos os dias em tudo que eu faço. Aos meus irmãos Anna Beatriz e Pedro Victor que também me ajudaram durante esta jornada.

Ao meu orientador, Professor Dr. Rodrigo Gadelha Vasconcelos, por quem tenho profunda estima por todo aprendizado que me repassou desde o terceiro período da minha graduação e por ter proporcionado o meu crescimento acadêmico. Sou grata por todo empenho e suporte fornecido em cada trabalho realizado, independente de feriados ou finais de semana, um reflexo sublime de profissionalismo.

Aos meus amigos da graduação, com quem criei laços sinceros de afeto e respeito e que atravessaram esta jornada comigo. Em momentos sombrios, fomos refúgio e força um para os outros e, em momentos bons, fomos eternos. Guardarei para sempre em minhas lembranças cada risada e troca de alma compartilhada.

## RESUMO

A fotopolimerização correta é um dos requisitos básicos para garantir, a longo prazo, o sucesso clínico do tratamento restaurador. Nesse âmbito, o conhecimento sobre a irradiância da unidade fotoativadora é um aspecto necessário para alcançar uma polimerização satisfatória. Comumente, são utilizadas barreiras translúcidas para proteger a ponta transmissora de luz do aparelho fotopolimerizador na tentativa de evitar a contaminação cruzada durante o procedimento clínico. Todavia, essas barreiras influenciam na irradiância. A partir da subpolimerização, falhas clínicas prematuras podem ocorrer, como fratura da restauração, infiltração marginal e alterações de cor. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o estado de conservação externa e a irradiância emitida pelos fotopolimerizadores da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Campus VIII. O estudo realizado foi do tipo experimental, caracterizado por um método de amostragem intencional não probabilístico, com abordagem de análise descritiva e quantitativa dos achados e utilização de prontuário próprio, adaptado para coleta de dados. A amostra foi composta por 34 fotopolimerizadores distribuídos nas três clínicas de atendimento e na pré-clínica da UEPB – Campus VIII. Para a avaliação do estado de conservação externa dos aparelhos foi realizada uma inspeção macroscópica por dois pesquisadores treinados para detectar a existência de danos físicos. Posteriormente, para a avaliação da irradiância emitida pelos fotopolimerizadores foi utilizado um radiômetro odontológico digital do modelo comercial *RD-7* fabricado pela *Ecel*. Os dados das mensurações foram submetidos a análise pelo programa estatístico *Statistical Package for Social Sciences (SPSS® Inc., Chicago, USA)* versão 22.0. O valor mínimo de irradiância aceitável adotado nesta pesquisa foi de 400mW/cm<sup>2</sup>. A análise descritiva da pesquisa apontou a existência de danos físicos em 22 fotopolimerizadores (50%) de um total de 44 aparelhos (100%) examinados macroscopicamente. O teste de análise de variância (ANOVA) de uma via (fator métodos de proteção) com o teste post-hoc de Tukey com nível de significância fixado em 5% constatou que nenhum método diferiu do outro em relação aos fotopolimerizadores de cada clínica ( $p > 0,05$ ). A análise de variância (ANOVA) de uma via com o teste post-hoc de LSD (*least significant difference*) foi realizada para obter uma comparação dos fotopolimerizadores das clínicas da UEPB, desconsiderando a clínica avaliada e como resultado foi constatado que os

fotopolimerizadores do grupo “após limpeza (álcool 70%)” apresentaram o maior valor da média de irradiância, sendo diferente estatisticamente em relação aos dos grupos “1ª camada de PVC” e “2ª camada de PVC” ( $p < 0,02$ ). Já os demais grupos não diferiram em relação a todos os grupos avaliados. Foi possível concluir que mais precauções devem ser tomadas pelos estudantes para estabelecer uma melhor conservação externa dos fotopolimerizadores, além de que a higienização das ponteiros com álcool 70% pode ser benéfica para a emissão adequada da irradiância do fotopolimerizador e, conseqüentemente, para obtenção de melhores resultados clínicos. Ademais, não foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre os métodos de recobrimento das ponteiros com barreiras de proteção, isto é, tais aparatos não interferiram na emissão de irradiância dos aparelhos.

**Palavras-chave:** Fotopolimerizador. Irradiância. Fotopolimerização.

## ABSTRACT

The correct photopolymerization is one of the basic requirements to guarantee, in the long term, the clinical success of the restorative treatment. In this context, the knowledge about the irradiance of the light curing unit is a necessary aspect to achieve satisfactory polymerization. Commonly, translucent barriers are used to protect the light-transmitting tip of the light-curing device in an attempt to avoid cross-contamination during the clinical procedure. However, these barriers influence the irradiance. From the underpolymerization, premature clinical failures can occur, such as fracture of the restoration, marginal leakage and color changes. That said, the objective of this work was to evaluate the external conservation state and the irradiance emitted by the light curing devices of the Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) - Campus VIII. The study carried out was of the experimental type, characterized by a non-probabilistic intentional sampling method, with approach of analysis descriptive and quantitative of the findings and use of own form, adapted for data collection. The sample consisted of 34 light curing units distributed in the three service clinics and in the pre-clinic of UEPB – Campus VIII. To evaluate the external state of conservation of the devices, a macroscopic inspection was carried out by two trained researchers to detect the existence of physical damages. Posteriorly, for the evaluation of the irradiance emitted by the light curing units, a digital dental radiometer of the commercial model RD-7 manufactured by Ecel was used. The measurement data were analyzed using the statistical program Statistical Package for Social Sciences (SPSS® Inc., Chicago, USA) version 22.0. The minimum acceptable irradiance value adopted in this research was 400mW/cm<sup>2</sup>. The descriptive analysis of the research indicated the existence of physical damages in 22 light curing units (50%) of a total of 44 devices (100%) macroscopically examined. The analysis of variance (ANOVA) test of one way (protection methods factor) with Tukey's post-hoc test with a significance level set at 5% found that no method differed from the other in relation to the light curing units of each clinic ( $p > 0,05$ ). The analysis of variance (ANOVA) of one way with the post-hoc LSD test (least significant difference) was performed to obtain a comparison of the light curing units of the UEPB clinics, disregarding the evaluated clinic and as a result it was found that the curing units of the group “after cleaning (70% alcohol)” had the highest mean irradiance value, being statistically different in relation to the groups “1st PVC layer”



and "2nd PVC layer" ( $p < 0,02$ ). The other groups did not differ in relation to all the groups evaluated. It was possible to conclude that more precautions should be taken by students to establish a better external conservation of the curing lights, in addition to the fact that cleaning the tips with 70% alcohol can be beneficial for the adequate emission of the curing light irradiance and, consequently, to obtain better clinical results. Furthermore, there were no statistically significant differences between the methods of covering the tips with protective barriers, that is, such apparatus did not interfere with the irradiance emission of the devices.

**Keywords:** Light curing device. Irradiance. Photopolymerization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Representação esquemática ilustrando a discrepância quantitativa de fótons emitidos em aparelhos de alta e baixa potência, respectivamente.....	26
Figura 02 – Representação esquemática ilustrando o distanciamento da ponteira reduzindo a irradiância.....	33
Figura 03 – Representação esquemática ilustrando a implicação clínica da angulação da saída de luz em relação à superfície do dente a ser restaurado.....	35
Figura 04 – Fotografia de diferentes modelos de apresentação de aparelhos fotoativadores de LED e <i>designs</i> de guias de luz (A-N).....	36
Figura 05 – Fotografia de diferentes formas de apresentação de ponteiras de luz do menor ao maior diâmetro: : A. KON-LUX®; B. TL-01®; C. Radian plus®; D. Radian cal®; E. Cor Optilight®; F. 3M/ESPE® de alta potência; G. DB 685®; H. Led Lux II®; I. DX Turbo LED®; J. Demetron LC®; K. EC500®; L. EC450®; M. Emitter D®; N. XL 3000®; O. Emitter C®; P. Poly Wireless®; Q. Optilight Max®; R. Alt Lux II®; S. BioLux Standard®; T. Bluephase G2®; U. Valo Cordeless®.....	37
Figura 06 – Fotografia apresentando duas pontas de luz com diferentes diâmetros sendo posicionadas em um macromodelo acima de um mesmo dente, nesse caso, um molar.....	38
Figura 07 – Fotografia ilustrativa evidenciando que a ponteira condutora de luz do fotopolimerizador deve ser posicionada da forma mais aproximada possível da restauração a ser polimerizada.....	39
Figura 08 – Fotografia ilustrando o impacto do uso de uma barreira de proteção impermeável como forma de prevenir a aderência de resíduos na ponteira condutora de luz.....	42
Figura 09 – Fotografia ilustrativa de barreiras de controle de infecção com invólucro de plástico transparente em fotopolimerizadores.....	43
Figura 10 – Fotografias ilustrativas de diferentes circunstâncias durante o processo de fotopolimerização.....	46

Figura 11 – Figura esquemática da subdivisão dos quatro grupos componentes da amostra e seus respectivos números de fotopolimerizadores.....	49
Figura 12 – Fotografia de um equipo odontológico em manutenção durante o período de coleta de dados da pesquisa.....	51
Figura 13 – Fotografia do espaço padrão de atendimento destinado a cada dupla de alunos nas clínicas escolas da UEPB – Campus VIII, contendo o equipo odontológico completo ( <i>Gnatus</i> <sup>®</sup> ) com todos os aparatos necessários para realização dos procedimentos clínicos.....	52
Figura 14 – Fotografia do fotopolimerizador <i>LD Max Gnatus</i> <sup>®</sup> presente nos equipos odontológicos das três clínicas de atendimento do Campus VIII.....	53
Figura 15 – Fotografia do fotopolimerizador <i>Emitter A FIT</i> do fabricante <i>Schuster Comércio de Equipamentos Odontológicos Ltda</i> utilizado para execução de atividades e provas práticas dos estudantes na pré-clínica do curso de Odontologia do Campus VIII.....	54
Figura 16 – Fotografia do radiômetro <i>RD-7</i> fabricado pela <i>ECEL Indústria e Comércio Ltda</i> .....	57
Figura 17 – Fotografia dos dois avaliadores calibrados realizando o posicionamento do radiômetro em uma superfície plana e estabilizada para permitir o contato centralizado da ponteira condutora de luz dos fotopolimerizadores em relação à parte sensorial desse equipamento responsável pela leitura da irradiância.....	59
Figura 18 – Fotografia aproximada do momento da leitura de irradiância evidenciando o íntimo contato entre a superfície do receptor fotossensível do radiômetro e da ponteira condutora de luz do aparelho de fotoativação.....	60
Figura 19 – Fotografia ilustrativa das cinco situações clínicas envolvendo a desinfecção e proteção com barreiras físicas que as ponteiros dos aparelhos foram submetidas na pesquisa para medição da	

irradiância com o radiômetro.....	63
Figura 20 – Fotografias dos danos físicos dos fotopolimerizadores.....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Valores de irradiância encontrados na literatura.....	27
Tabela 02 – Valores de exposição radiante encontrados na literatura.....	28
Tabela 03 – Especificações técnicas do radiômetro <i>RD-7 Ecel</i> .....	57
Tabela 04 – Média e desvio-padrão dos valores de irradiância (mW/cm <sup>2</sup> ) das clínicas 1,2,3 e da pré-clínica diante de diferentes métodos de proteção.....	73
Tabela 05 – Média e desvio-padrão dos valores de irradiância (mW/cm <sup>2</sup> ) das clínicas da UEPB diante de diferentes métodos de proteção.....	74

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Gráfico percentual de danos físicos na totalidade dos aparelhos fotopolimerizadores distribuídos nas quatro clínicas odontológicas da UEPB – Campus VIII.....	71
Gráfico 02 – Gráfico percentual da seleção da amostra após o levantamento dos resultados da inspeção macroscópica dos 44 fotopolimerizadores examinados.....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Resultados da inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores presentes na clínica 1.....	67
Quadro 02 – Resultados da inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores presentes na clínica 2.....	68
Quadro 03 – Resultados da inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores presentes na clínica 3.....	68
Quadro 04 – Resultados da inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores presentes na pré-clínica .....	69
Quadro 05 – Média dos valores de irradiância ( $mW/cm^2$ ) dos fotopolimerizadores da clínica 1 diante das cinco situações clínicas que foram submetidos na pesquisa.....	76
Quadro 06 – Média dos valores de irradiância ( $mW/cm^2$ ) dos fotopolimerizadores da clínica 2 diante das cinco situações clínicas que foram submetidos na pesquisa.....	76
Quadro 07 – Média dos valores de irradiância ( $mW/cm^2$ ) dos fotopolimerizadores da clínica 3 diante das cinco situações clínicas que foram submetidos na pesquisa.....	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ANSI/ADA</b>	<i>American National Standards Institute/American Dental Association</i>
<b>CCTS</b>	Centro de Ciências Tecnologia e Saúde
<b>CEP</b>	Comitê de Ética em Pesquisa
<b>cm</b>	Centímetros
<b>COVID-19</b>	Doença do coronavírus (sigla COVID do termo em inglês <i>[co]rona [vi]rus [d]isease</i> )
<b>EPI</b>	Equipamento de Proteção Individual
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>ICNIRP</b>	Comissão Internacional sobre Proteção contra Radiação Não-ionizante
<b>J/cm<sup>2</sup></b>	Joules por centímetro quadrado
<b>Km<sup>2</sup></b>	Quilômetro quadrado
<b>LED</b>	Diodo emissor de luz (sigla LED do termo em inglês <i>light-emitting diode</i> )
<b>mm</b>	Milímetros
<b>mW/cm<sup>2</sup></b>	Miliwatts por centímetro quadrado
<b>nº</b>	Número
<b>nm</b>	Nanômetro
<b>PVC</b>	Policloreto de vinila
<b>QHT</b>	Quartzo tungstênio



<b>s</b>	Segundos
<b>UEPB</b>	Universidade Estadual da Paraíba
<b>UV</b>	Ultravioleta
<b>V</b>	Volts

## LISTA DE SÍMBOLOS

®:	Marca registrada
°	Graus
+/-	Mais ou menos
%:	Por cento
$\alpha$ :	Alfa (nível de significância estatística)
$p$ :	Probabilidade de significância
=	Igual a
<	Menor que
>	Maior que

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	Fotopolimerização da resina composta.....	21
2.2	Unidades fotoativadoras em odontologia.....	22
2.3	Requisitos importantes de um fotopolimerizador para uma polimerização adequada da resina composta.....	24
2.3.1	<i>Comprimento de onda</i> .....	24
2.3.2	<i>Irradiância e exposição radiante</i> .....	25
2.4	Importância do monitoramento periódico do aparelho de fotopolimerização.....	29
2.5	Fatores que influenciam no processo de fotopolimerização da resina composta.....	30
2.5.1	<i>Tempo de fotoativação</i> .....	31
2.5.2	<i>Distância entre a ponteira condutora de luz e o material a ser fotoativado</i> .....	32
2.5.3	<i>Angulação da ponteira condutora de luz</i> .....	34
2.5.4	<i>Design do fotopolimerizador e diâmetro da ponteira condutora de luz</i> .....	35
2.5.5	<i>Técnica e treinamento do operador</i> .....	40
2.5.6	<i>Homogeneidade do feixe de luz</i> .....	39
2.5.7	<i>Opacidade e translucidez do material restaurador</i> .....	40
2.5.8	<i>Métodos de desinfecção e uso de barreiras de proteção</i> .....	41
2.6	Consequências da subpolimerização de restaurações com resina composta.....	43
2.7	Riscos da fotopolimerização e medidas de proteção.....	44
3	OBJETIVOS.....	47
3.1	Objetivo geral .....	47
3.2	Objetivos específicos.....	47
4	METODOLOGIA.....	48
4.1	Caracterização do estudo.....	48
4.2	Localização do estudo.....	48

4.3	Amostra.....	48
4.4	Critérios de seleção da amostra.....	50
4.4.1	<i>Critérios de inclusão</i> .....	50
4.4.2	<i>Critérios de exclusão</i> .....	50
4.5	Caracterização da amostra.....	51
4.6	Coleta de dados.....	54
4.6.1	<i>Primeira fase: exame macroscópico e seleção da amostra</i> .....	54
4.6.2	<i>Segunda fase: avaliação da irradiância dos fotopolimerizadores</i> .....	56
4.7	Análise estatística.....	65
4.8	Considerações éticas.....	66
5	RESULTADOS.....	67
5.1	Análise descritiva – Inspeção macroscópica.....	67
5.2	Análise estatística – Avaliação dos valores de irradiância.....	72
5.3	Análise descritiva – Avaliação dos valores de irradiância.....	75
6	DISCUSSÃO.....	78
7	CONCLUSÃO.....	98
	REFERÊNCIAS.....	100
	APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA DOS FOTOPOLIMERIZADORES.....	105
	APÊNDICE B – PLANILHAS DOS VALORES DAS MÉDIAS ARITMÉTICAS DE IRRADIÂNCIA DOS FOTOPOLIMERIZADORES DE TODOS OS GRUPOS DA AMOSTRA.....	106

## 1 INTRODUÇÃO

A consolidação da odontologia adesiva ocorreu a partir do vínculo direto existente entre os materiais dentários fotopolimerizáveis e as fontes de luz, também chamadas de aparelhos fotopolimerizadores. Tais materiais, os fotopolimerizáveis e resinosos, necessitam da emissão de energia luminosa para conversão de monômeros, presentes na sua composição, em polímeros (BARATA et al., 2021).

Nesse contexto, os compósitos resinosos são os materiais mais comumente utilizados para restaurações diretas em dentes anteriores e posteriores. Isso se deve, principalmente, às suas vantagens em comparação a outros materiais restauradores, que incluem: estética superior, boas propriedades físico-mecânicas e melhor controle do operador sobre o tempo de trabalho (NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018). O desempenho clínico e a longevidade das restaurações de resina composta, por sua vez, são dependentes de variados fatores e muitos deles estão associados ao uso e eficácia dos fotopolimerizadores (HAO et al., 2015; NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018).

Dessa forma, é necessário que os cirurgiões-dentistas tenham entendimento acerca do processo de fotopolimerização, visto que se trata de uma etapa crítica na restauração a base de resina composta, sendo esta determinante para a obtenção das propriedades finais do material pretendidas pelo fabricante. Em outras palavras, a fotopolimerização correta é um dos requisitos básicos para garantir, a longo prazo, o sucesso clínico do tratamento restaurador, existindo, na literatura, uma relação direta entre a fotopolimerização inadequada da resina composta e a falha prematura da restauração (PRICE, FERRACANE, SHORTALL, 2015).

Nesse âmbito, o conhecimento sobre a irradiância da unidade fotoativadora é um aspecto necessário para alcançar uma polimerização satisfatória. Contudo, constatou-se que a maioria dos dentistas não está familiarizada com essa informação, o que pode ocasionar uma cura inadequada do material resinoso. Sendo assim, os profissionais devem entender determinados conceitos, como o de irradiância que é uma medida da intensidade de luz fornecida pelos fabricantes. Ela consiste na potência radiante do aparelho fotopolimerizador que é entregue a uma determinada superfície/área e que é expressa em unidades de watt por área - miliwatts por centímetro quadrado ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ) (SULIMAN, ABDU, ELMASMARI, 2020).

Comumente, são utilizadas barreiras translúcidas para proteger a ponta transmissora de luz do aparelho fotopolimerizador na tentativa de evitar a contaminação cruzada durante o procedimento clínico justamente por impedir o contato direto dos fotopolimerizadores com os tecidos bucais, favorecendo o controle de infecções, a fim de prevenir a transmissão de doenças. Todavia, essas barreiras influenciam na irradiância. Além da subpolimerização, falhas clínicas prematuras podem ocorrer, como fratura da restauração, infiltração marginal e alterações de cor (RÚBIO et al., 2021).

Evidentemente, o êxito de um procedimento restaurador está fortemente associado ao bom desempenho do fotopolimerizador. Por conseguinte, torna-se de fundamental importância a sua manutenção periódica, tanto dos componentes, quanto da limpeza e mensuração da irradiância emitida, uma vez que a frequência de uso é responsável pelo desgaste natural do aparelho (FREITAS, COSTA, BAUER, 2011).

Diante do contexto, apesar do aparelho fotopolimerizador representar uma parte essencial no processo de polimerização da resina composta, sua relevância e o seu correto uso para alcançar um resultado clínico favorável é, frequentemente, minimizada e/ou negligenciada pela classe odontológica que, na maioria das vezes, atenta-se somente na quantidade de segundos que o material recebeu exposição luminosa (PRICE, FERRACANE, SHORTALL, 2015).

Ante o exposto, levando em consideração a importância da proteção da ponta do fotopolimerizador, da manutenção periódica e da emissão de uma adequada irradiância para a segurança dos pacientes e qualidade de cura dos materiais dentários, o principal objetivo deste trabalho foi avaliar o estado de conservação externa e os valores de irradiância emitidos pelos aparelhos fotopolimerizadores da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Campus VIII, no ano de 2021, perante a desinfecção e o uso de diferentes barreiras de proteção nas ponteiros condutoras de luz.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fotopolimerização da resina composta

O uso de materiais resinosos tem aumentado significativamente na prática clínica odontológica. Isso se deve, basicamente, às vantagens estéticas e funcionais proporcionadas por esses materiais dentários (SOUZA-JUNIOR et al., 2021). Ao decorrer do tempo, os processos de polimerização das resinas compostas sofreram modificações. Inicialmente, ocorria através de um método ativado por uma reação química desencadeada pela mistura de uma pasta base e catalisadora. Contudo, em decorrência dos aspectos negativos da ativação química, como a limitação do tempo de trabalho e a menor estabilidade de cor do material em longo prazo, posteriormente, esse processo foi sendo substituído pela fotoativação com a luz visível (SCHNEIDER et al., 2016).

O processo de polimerização da resina composta por fotoativação, por sua vez, é iniciado quando ocorre a sensibilização de uma molécula fotoativadora presente na massa resinosa, através de uma fonte de energia externa, no caso a luz. Na maioria das resinas compostas, essa molécula é canforoquinona que, quando exposta à luz num comprimento de onda entre 450 e 500 nanômetros (nm) (luz azul), absorve fótons. Na presença dos fótons, são gerados radicais livres, os quais, ao colidirem com a amina, promovem a transferência de elétrons. Os radicais livres são moléculas reativas que, ao encontrarem os monômeros, promovem a quebra de ligações duplas do carbono, passando a formar um complexo radical monômero, capaz de reagir com outros monômeros e dar continuidade ao processo de polimerização das resinas (HAMERSKI et al., 2015; SILVA et al., 2017).

Sequencialmente, à medida que a reação de polimerização ocorre, a concentração de monômeros disponíveis para novas ligações vai diminuindo. Por conseguinte, as cadeias poliméricas em crescimento têm dificuldade de se difundir cada vez mais pelo compósito resinoso, que inicialmente apresentava um aspecto similar a um gel e, posteriormente, apresenta-se semelhante a um plástico rígido representando o endurecimento característico da cura do material (RUEGGEBERG et al., 2017).

Nesse âmbito, é válido destacar que uma fotopolimerização eficaz possui um grande impacto na obtenção de um alto grau de conversão de monômeros em

polímeros e, conseqüentemente, em restaurações diretas de resina composta satisfatórias e com grande longevidade, visto que a polimerização desejável é substancial para alcançar propriedades mecânicas e função clínica efetiva do material restaurador (ASSAF, FAHD, SABBAGH, 2020; SILVA et al., 2017).

A unidade fotoativadora é designada como um aparelho que emite uma energia eletromagnética com comprimento de onda na faixa de 400 a 500nm, ou seja, uma luz azul visível capaz de ativar os agentes fotoiniciadores e estimular o processo de polimerização (REIS, LOGUERCIO, 2021). Logo, para atingir uma quantidade adequada de polimerização do material resinoso, os profissionais devem preconizar o uso de unidades fotoativadoras que ofereçam comprimentos de ondas corretos para cada resina composta (ANDRÉ et al., 2018; PRICE, 2017).

## **2.2 Unidades fotoativadoras em odontologia**

Diferentes aparelhos fotoativadores podem ser utilizados para a ativação das substâncias iniciadoras presentes na composição das resinas compostas, dentre eles: a luz halógena de quartzo tungstênio (QHT), arco de plasma, *laser* de argônio e o diodo emissor de luz (sigla LED do termo em inglês *light-emitting diode*) (OMIDI et al., 2018). Esses aparelhos fornecem variados espectros de emissão e comprimentos de onda da luz (PRICE, 2017).

Durante muito tempo, as unidades fotoativadoras por luz halógena foram os equipamentos mais utilizados para a etapa de fotoativação das resinas compostas em razão da sua efetividade comprovada, ao custo relativamente baixo e por terem sido uma das precursoras unidades de luz visível disponíveis no mercado. Todavia, esses aparelhos apresentavam determinadas desvantagens, como a necessidade de cuidados e manutenção periódica, uma vez que seus componentes eram propensos a degradação com o tempo (REIS, LOGUERCIO, 2021), além de não serem silenciosos e apresentarem um grande tamanho, dificultando seu manuseio ainda geravam calor de forma excessiva, induzindo seu aquecimento interno, o que demandava a necessidade de filtros térmicos de alto custo para resfriamento (REIS, LOGUERCIO, 2007).

Atualmente, dispositivos contendo lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) são as de primeira escolha para fotoativação de resinas compostas devido sua capacidade de produzir mais luz e emitir menos calor (ASSAF, FAHD, SABBAGH,



2020), o que reduz significativamente, a possibilidade de degradação dos componentes internos do aparelho ao longo do tempo, bem como a necessidade de filtros, já que a luz emitida apresenta um espectro de comprimento de onda próximo ao de absorção da canforoquinona, fotoiniciador mais encontrado nas resinas compostas fotopolimerizáveis (LEE et al., 2016). Somado a essas características, a praticidade oferecida pelo *design* e a possibilidade de utilização de baterias recarregáveis favoreceu a preferência dos dentistas por esses dispositivos a base de LED (REIS, LOGUERCIO, 2021).

Neste contexto, nos últimos anos, as unidades de luz QHT e plasma deixaram de ser produzidas e as tecnologias LED mostraram contínua evolução até que novas gerações surgissem no mercado com maior energia e tempo de cura reduzido. Logo, os aparelhos de LED substituíram facilmente as unidades QTH devido ao seu espectro de comprimento de onda restrito e ideal para fotoativação da canforoquinona e sua expectativa de vida excedendo milhares de horas com menos geração de calor (ASSAF, FAHD, SABBAGH, 2020).

Essa contínua evolução e substituição progressiva dos aparelhos são corroboradas por um estudo realizado por Caldarelli et al. (2011) que abordou os variados tipos de fotopolimerizadores existentes, bem como sua evolução e aplicação clínica. A metodologia do estudo fundamentou-se na elaboração de uma revisão de literatura com o intuito de avaliar, desde a década de 60, a evolução dos dispositivos fotoativadores encontrados no mercado. De acordo com esse estudo, foi constatado as resinas compostas fotopolimerizáveis representaram um avanço no que tange aos materiais restauradores na odontologia, apresentando grande vantagem quando comparadas aos materiais autopolimerizáveis e, quando se observou nas condições dos aparelhos fotoativadores, verificou-se que a intensidade da luz exercia influência direta no sucesso clínico da fotopolimerização. E, na época da publicação, apesar dos aparelhos de luz visível da lâmpada halógena ainda serem utilizados, possuíam forte tendência de substituição pela tecnologia a base de LEDs, o que corresponde a atual realidade.

Atualmente, os dispositivos contendo LEDs são a primeira opção para fotoativação de resinas compostas. Eles podem ser classificados como *monowaves* ou *poliwaves* (RÚBIO et al., 2021), a diferença entre essas duas categorias está justamente no comprimento de onda de luz emitida. Enquanto o aparelho LED *monowave* emite luz apenas no comprimento de onda do espectro azul (430nm a

470nm), ativando basicamente a canforoquinona como fotoiniciador, o aparelho LED *poliwave* é capaz de abranger não só o espectro da luz azul, como também emitir a luz violeta (395nm a 480nm), sendo eficiente para ativar além da canforoquinona, outros fotoiniciadores alternativos (BEZERRA et al., 2021).

### **2.3 Requisitos importantes de um fotopolimerizador para uma polimerização adequada da resina composta**

A máxima conversão de monômeros em polímeros caracteriza uma polimerização satisfatória da resina composta. Tal processo depende da luz que favorece a fotoativação de materiais resinosos, a qual deve atender a dois requisitos básicos: (1) característica da luz propriamente dita e interpretada como seu comprimento de onda; e (2) a quantidade de energia entregue nessa emissão de luz, e que é gerada pelo aparelho emissor. Essa energia é o produto da intensidade de potência do aparelho e da variação do tempo de aplicação. Todavia, ela só pode ser captada pelo sistema de fotoiniciação existente na composição do material resinoso se for emitida em um determinado comprimento de onda com capacidade de sensibilizar os agentes fotoiniciadores presentes na resina composta. Isso ocorre porque cada fotoiniciador é sensibilizado por um ou por alguns comprimentos de onda específicos (KARACOLAK et al., 2018).

Nesse contexto, o desempenho clínico e a longevidade das restaurações de resina composta são dependentes de variados fatores que, predominantemente, estão relacionados ao uso e eficácia das unidades fotopolimerizáveis (NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018). Portanto, é fundamental ter entendimento a respeito da cinética do processo de fotopolimerização e sua relação direta com a emissão de energia luminosa, uma vez que a densidade, intensidade ou irradiância de potência, o tempo de exposição e a correlação entre o espectro de luz emitido pelo aparelho fotopolimerizador e o espectro de absorção do seu fotoiniciador estão relacionadas integralmente às fontes de luz (BARATA et al., 2021).

#### **2.3.1 Comprimento de onda**

O comprimento de onda é uma característica da faixa espectral que determina a forma de propagação da luz. Inicialmente, os aparelhos LEDs emitiam faixas de

comprimentos de ondas muito estreitas, contudo, com o seu aprimoramento ao decorrer nos anos, eles passaram a ter a capacidade de emitir faixas de comprimentos de onda mais amplas, sendo considerados luzes de amplo espectro luminoso, isto é, luzes capazes de sensibilizar um maior número de diferentes sistemas fotoiniciadores (PRICE, 2017).

Nesse sentido, os aparelhos LEDs emitem luz azul com espectro de comprimento de onda próximo ao de absorção da canforoquinona (LEE et al., 2016), fotoiniciador mais comumente usado nas resinas compostas e que apresenta um pico de absorção de luz no comprimento de onda em torno de 470nm (PRICE, 2017).

Tendo em vista que, na maioria das resinas compostas, a canforoquinona é o componente sensível à luz, que responde à irradiação originando os radicais livres que dão início ao processo de polimerização (OMIDI et al., 2018; SILVA et al., 2017), uma unidade de fotoativação com uma intensidade de luz adequada com a máxima faixa de comprimento de onda de absorção da canforoquinona é o principal fator na polimerização dessas resinas (OMIDI et al., 2018).

Em síntese, o espectro de luz emitido pelos aparelhos fotopolimerizadores deve ser correspondente ao do estímulo do fotoiniciador presente no material restaurador, para que, a partir da luz proveniente desses equipamentos desencadeie-se uma reação química de polimerização das resinas compostas, transformando a massa de monômeros em polímeros, promovendo o endurecimento do material (GUIMARÃES et al., 2018).

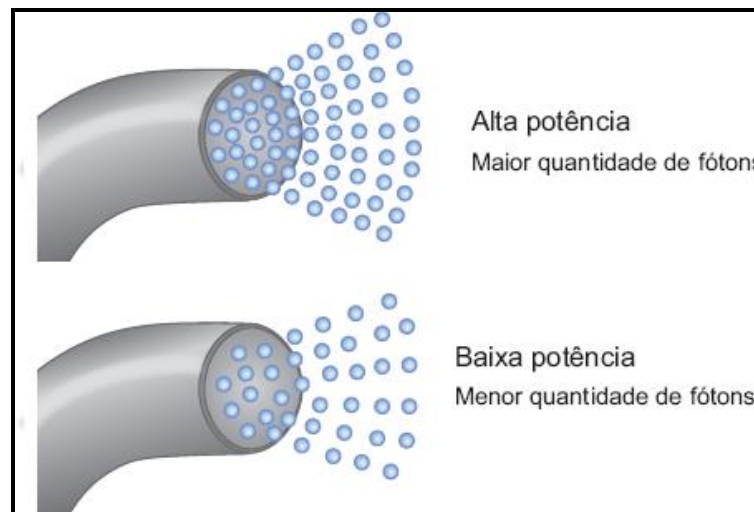
De forma geral, nenhuma precaução ou técnica utilizada durante a fotoativação de resinas compostas terá relevância na garantia da adequada polimerização da resina composta, se o comprimento de onda da luz emitida pelo fotoativador não for capaz de excitar os fotoiniciadores presentes na resina composta, independentemente do tempo de exposição utilizado (REIS, LOGUERCIO, 2021).

### **2.3.2 Irradiância e exposição radiante**

A irradiância, também denominada de emissão radiante, diz respeito à potência do fotoativador dividida pela área de emissão da luz (área de seção transversa da ponteira) e, normalmente, é expressa em miliwatts por centímetro

quadrado ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ). Essa é a medida de referência utilizada por fabricantes, pesquisadores e clínicos como uma forma genérica de qualificar o fotoativador e já foi bastante conhecida como intensidade de luz. A irradiância reflete a quantidade de fótons emitidos por uma fonte de luz, quanto maior a irradiância maior a quantidade de fótons emitidos conforme ilustra a figura 1 (REIS, LOGUERCIO, 2021).

**Figura 1** – Representação esquemática ilustrando a discrepância quantitativa de fótons emitidos em aparelhos de alta e baixa potência, respectivamente.



**Fonte:** REIS, LOGUERCIO, 2021.

Em outras palavras, a irradiância é definida como a quantidade de luz distribuída numa determinada área e, eventualmente, pode interferir na qualidade final de cura dos materiais (RÚBIO et al., 2021), exercendo influência nas propriedades mecânicas da resina composta, visto que está diretamente relacionada à taxa de conversão de monômero em polímero (SILVA et al., 2017).

Alguns autores apontam que a irradiância emitida pelas fontes de luz deve ser no mínimo de  $300\text{mW}/\text{cm}^2$  a  $400\text{mW}/\text{cm}^2$  para polimerizar adequadamente um incremento de 1,5 milímetros (mm) a 2mm de resina composta (LIMA et al., 2016).

Na tabela 1 são apresentados diferentes valores de irradiância para uma polimerização adequada da resina composta atribuídos por variados autores, não existindo um consenso fixo na literatura atual.

**Tabela 1** – Valores de irradiância encontrados na literatura.

Autores/Ano	Recomendado	Aceitável	Impróprio
<b>BARATA et al. (2021)</b>	600mW/cm <sup>2</sup> (com base na diretriz n° 48 da <i>American National Standards Institute/American Dental Association (ANSI/ADA)</i> (2004) concernente às fontes de luz)	—	—
<b>REIS, LOGUERCIO (2021)</b>	500mW/cm <sup>2</sup>	—	—
<b>SOUZA-JUNIOR et al. (2018)</b>	400mW/cm <sup>2</sup>	Valores acima de 300mW/cm <sup>2</sup>	Valores abaixo de 300mW/cm <sup>2</sup>
<b>ALSHAAFI et al. (2016); BARATIERI et al. (2010); CALDARELLI et al. (2011); CRAIG, POWERS, SAKAGUCHI (2012); GONÇALVES et al. (2013); REIS, LOGUERCIO (2007); RÚBIO et al. (2021); SHIMOKAWA et al. (2016) SOUZA-JUNIOR et al. (2021); TORRES et al. (2013);</b>	Valor mínimo requerido de 400mW/cm <sup>2</sup> para polimerização adequada de incrementos de 2mm de resina composta	—	—
<b>LIMA et al. (2016)</b>	Valor mínimo requerido de 300mW/cm <sup>2</sup> a 400 mW/cm <sup>2</sup> para polimerizar adequadamente um incremento de 1,5mm a 2mm de resina composta	—	—
<b>NASSAR, AJAJ, HASANAIN (2018); PRICE (2013)</b>	300mW/cm <sup>2</sup>	—	—
<b>CORREIA et al. (2005)</b>	—	201 e 399mW/cm <sup>2</sup> com aumento do tempo de exposição	—
<b>BALDI et al. (2005)</b>	—	—	Valores abaixo de 200mW/cm <sup>2</sup>

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Sob outra perspectiva, quando se associa a irradiância ao tempo de exposição da luz sobre o material dentário tem-se a exposição radiante que é expressa em unidades de joule por área – joule por centímetro quadrado ( $J/cm^2$ ) (SULIMAN, ABDO, ELMASMARI, 2020). A tabela 2 mostra diferentes valores de exposição radiante preconizados pelos autores encontrados na literatura.

**Tabela 2** – Valores de exposição radiante encontrados na literatura.

Autores/Ano	Valores de exposição radiante ( $J/cm^2$ )
<b>CRAIG, POWERS, SAKAGUCHI (2012)</b>	Um incremento típico de 2mm de espessura para uma restauração de resina composta requer uma exposição radiante de $8J/cm^2$ ( $400mW/cm^2 \times 20s=8.000mW s/cm^2$ ) para uma polimerização suficiente.
<b>ANUSAVICE (2005) REIS, LOGUERCIO (2007)</b>	Uma quantidade de energia radiante de aproximadamente $16.000$ milijoules/ $cm^2$ ( $16$ joules/ $cm^2$ ) é necessária para uma camada de 2mm de resina.
<b>REIS, LOGUERCIO (2021)</b>	Idealmente, os incrementos de resina composta para a técnica incremental devem ter no máximo 2mm de espessura para assegurar ótima polimerização, desde que a irradiância e o tempo de exposição totalizem uma densidade de energia em torno de $16$ a $20J/cm^2$ .
<b>ANDRÉ et al. (2018) SULIMAN, ABDO, ELMASMARI, (2020)</b>	Dependendo da marca e da tonalidade do compósito resinoso, a exposição radiante necessária para polimerizá-lo adequadamente pode variar de $6$ a $24J/cm^2$ para um incremento de 2mm.
<b>KOPPERUD et al. (2017)</b>	Uma faixa de exposição radiante típica necessária para curar suficientemente uma camada de polímero composto é relatada como cerca de $8-50J/cm^2$ . A exposição radiante necessária depende das características do material.
<b>PAR et al. (2019)</b>	As energias riantes necessárias para curar adequadamente uma camada de compósito dependem do material e foram relatadas como variando entre $6$ e $36J/cm^2$ .

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2022.

Para atingir uma exposição radiante de  $20J/cm^2$ , antigamente, era necessário fotoativar cada incremento de resina composta por 40 segundos (s), já que a maioria dos aparelhos de luz halógena oferecia uma irradiância de aproximadamente

500mW/cm<sup>2</sup> (0,5W/cm<sup>2</sup>), ou seja, 40s × 0,5W/cm<sup>2</sup> = 20J/cm<sup>2</sup>. Já nos dias atuais, como os fotopolimerizadores apresentam maior emissão radiante, em torno de 1.000mW/cm<sup>2</sup> (1,0W/cm<sup>2</sup>), uma exposição de 20 segundos é suficiente para depositar 20J/cm<sup>2</sup> (1,0W/cm<sup>2</sup> × 20s). Esse fenômeno, em que o aumento ou redução do tempo de exposição com o propósito de compensar a menor ou maior emissão radiante para resultar nos mesmos valores de exposição radiante (J/cm<sup>2</sup>) sem prejudicar as propriedades mecânicas, é conhecido como lei da reciprocidade de exposição (REIS, LOGUERCIO, 2021).

No caso das resinas compostas, se um fabricante indica que para uma espessura de 2mm, o seu material deva ser fotoativado por 40 a 60s a uma irradiância de 400mW/cm<sup>2</sup>, subentende-se que a exposição radiante necessária seja de 16 a 24J/cm<sup>2</sup> (40-60s × 400mW/cm<sup>2</sup> = 16-24J/cm<sup>2</sup>). Portanto, caso o aparelho fotopolimerizador apresente uma irradiância luminosa abaixo de 400mW/cm<sup>2</sup>, as propriedades ideais da resina não serão atingidas, a não ser o operador aumente o tempo de exposição (REIS, LOGUERCIO, 2007).

Por outro lado, supondo que a irradiância seja superior a 400mW/cm<sup>2</sup> e obedecendo a lei da reciprocidade, as resinas compostas ao serem fotoativadas por 40 segundos com um aparelho com irradiância de 600mW/cm<sup>2</sup>, por exemplo, receberão, da mesma forma, uma energia radiante de 24J/cm<sup>2</sup>. Ou até mesmo um menor tempo de fotoativação pode ser suficiente, visto que essa mesma energia radiante também pode ser alcançada empregando um aparelho com irradiância de 1.200mW/cm<sup>2</sup> e 20 segundos de tempo de exposição (REIS, LOGUERCIO, 2021).

Dessa forma, os fabricantes deveriam, idealmente, ao invés do tempo de exposição, fornecer a exposição radiante necessária para polimerização do material resinoso, uma vez que aplicar o tempo de fotoativação recomendado pelo fabricante não implica alcance das propriedades necessárias para uso clínico, pois dependem da irradiância emitida por cada aparelho fotopolimerizador. Contudo, é válido destacar que existe um limiar no qual o aumento do tempo de exposição proporciona a compensação de baixos valores de irradiância da unidade de fotoativação (REIS, LOGUERCIO, 2007).

#### **2.4 Importância do monitoramento periódico do aparelho de fotopolimerização**

A fotopolimerização caracteriza-se como uma etapa crucial no processo restaurador dentário, uma vez que as propriedades mecânicas da resina composta podem ser afetadas negativamente quando o uso da luz é negligenciado (SHIMOKAWA et al., 2018). Sendo assim, para que não ocorra o comprometimento do sucesso clínico de uma restauração com material resinoso, os dispositivos fotoativadores que são propensos à perda de rendimento, devem estar em condições ideais de uso para proporcionarem uma fotoativação adequada. Todavia, na maioria das vezes, isso não corresponde à realidade encontrada (FREITAS, COSTA, BAUER, 2011).

Nesse contexto, é de fundamental importância que seja realizada a manutenção e monitoramento regulares dos aparelhos fotopolimerizadores para alcançar uma fotopolimerização adequada das restaurações em resina composta (KOPPERUD, et. al., 2017). Para isso, os dispositivos destinados a aferir a irradiância são denominados de radiômetros e a escala de medida mais comumente utilizada é a que mede a concentração de luz emitida expressa em  $\text{mW}/\text{cm}^2$  (RIBEIRO et al., 2016).

Sendo evidente que a irradiância luminosa é um fator crucial para a polimerização adequada das resinas compostas, cabe aos dentistas a preconização do uso de uma unidade de fotopolimerização com intensidade suficiente para polimerizar completamente o material resinoso (NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018). Nesse âmbito, os radiômetros se apresentam como dispositivos de grande utilidade e importância por permitirem ao clínico avaliar se a potência do fotoativador está sofrendo redução ao longo do tempo devido à degradação dos componentes, já que o olho humano é incapaz de perceber diretamente qualquer redução na irradiância (REIS, LOGUERCIO, 2021).

## **2.5 Fatores que influenciam no processo de fotopolimerização da resina composta**

Além dos aspectos essenciais para a fotopolimerização da resina composta como exposição radiante, irradiância e comprimento de onda da luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador, constatou-se que outros fatores podem influenciar diretamente no processo de polimerização de qualquer material que precisa ser fotoativado: tempo de exposição à luz, distância da ponta do aparelho



fotopolimerizador em relação ao incremento a ser fotopolimerizado (técnica de fotopolimerização), volume de material restaurador a ser fotopolimerizado, a cor e o grau de translucidez da resina utilizada, entre outros (NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018). Tais fatores, por sua vez, determinam o grau de conversão e a extensão da reação de polimerização que condicionam as propriedades físicas e mecânicas da restauração (TONGTAKSIN, LEEVAILOJ, 2017).

### **2.5.1 Tempo de fotoativação**

A evidência de cura insatisfatória mesmo seguindo as orientações do fabricante quanto à espessura da camada de resina composta utilizada, irradiância da unidade de cura e tempo de exposição, gerou o levantamento de alguns questionamentos se o tempo de fotoativação recomendado pelos fabricantes de materiais restauradores seria suficiente para uma polimerização adequada na porção inferior da restauração, visto que o tempo informado é, na maioria das vezes, o mínimo necessário para cura suficiente em condições laboratoriais controladas e não necessariamente ideal para um ambiente clínico mais complexo. A questão da cura subótima no fundo da restauração é clinicamente relevante devido à sua influência negativa nas propriedades mecânicas e biocompatibilidade. Desse modo, a alternativa mais conveniente para o profissional superar esses problemas é estendendo o tempo de fotoativação além das recomendações do fabricante. Essa abordagem demonstrou melhorar o grau de conversão e microdureza, principalmente, na parte inferior do incremento de resina composta (PAR et al., 2019).

Portanto, o tempo de exposição é um fator crítico que interfere no grau de polimerização das restaurações resinosas (SILVA et al., 2017). O prolongamento da etapa de fotoativação, isto é, tempos de exposição mais longos devem implicar na melhora da polimerização e na redução dos efeitos de qualquer falta de homogeneidade do feixe de luz (SHIMOWAKA et al., 2020).

Todavia, é válido ressaltar que uma irradiância muito baixa ou fotopolimerizar por pouco tempo pode causar uma polimerização incompleta das restaurações, levando a possíveis falhas precoces, assim como luz em quantidade maior que a recomendada pode gerar problemas aos tecidos moles da cavidade bucal do paciente e até mesmo nos olhos do profissional. Tais fatos podem ser justificados

tanto pelo desconhecimento do comprimento de onda, da irradiância do aparelho fotopolimerizador, quanto pela falta de cuidado e manutenção do mesmo (KOPPERUD, et. al. 2017).

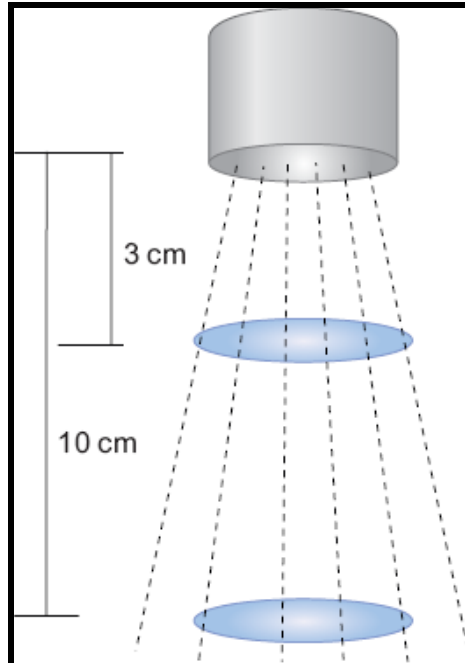
### ***2.5.2 Distância entre a ponteira condutora de luz e o material a ser fotoativado***

Mesmo que se faça o uso de aparelhos emissores de luz de alta potência e de amplo espectro de luz, fatores como a posição e a distância da ponteira do fotopolimerizador são capazes de interferir na entrega da energia luminosa ao material restaurador. Essas duas variáveis, portanto, afetam diretamente na quantidade de fótons que a resina composta irá receber, impactando no processo da polimerização (KARACOLAK et al., 2018).

Dessa forma, quanto maior for a distância da ponta de luz em relação ao material resinoso, menor será a quantidade de luz que atinge esse material, reduzindo-se a quantidade de energia que chega à resina composta, o que diminui a profundidade de polimerização do material (CORCIOLANI et al., 2008; PRICE, 2017; SILVA et al., 2017).

Em uma parcela significativa dos casos clínicos, ocorre a necessidade de fotopolimerizar incrementos resinosos localizados na base de preparos cavitários proximais de cavidades classe II. Nessa situação, mesmo que a ponta do aparelho esteja justaposta à superfície oclusal, haverá uma grande distância (7mm) até a superfície proximal da restauração a ser executada, conforme evidencia a figura 2 abaixo (REIS, LOGUERCIO, 2021).

**Figura 2** – Representação esquemática ilustrando o distanciamento da ponteira reduzindo a irradiância. Nota-se, pela divergência do feixe de luz, que a quantidade de fótons que atinge a superfície distante 10 centímetros (cm) é bem inferior à que alcança a superfície em 3cm, na qual o feixe luminoso encontra-se mais colimado e ainda com pouca dispersão de luz.



**Fonte:** REIS, LOGUERCIO, 2021.

Em suma, com o aumento do distanciamento da ponteira, conseqüentemente ocorre a expressiva diminuição da irradiância de luz comparativamente àqueles observados quando próximo à ponteira. Isso provoca o comprometimento da efetividade da polimerização da porção de resina composta que está posicionada distante da ponteira do aparelho. Diante disso, uma forma de contornar essa dificuldade técnica é reduzir a espessura do incremento e estender o tempo de exposição (REIS, LOGUERCIO, 2021).

O método de fotoativação de modo contínuo ou convencional com a aplicação máxima e constante da irradiância de luz é a que gera um maior efeito de contração de polimerização da resina composta (TAUBÖCK et al., 2014). Frente a isso, existem algumas técnicas que podem ser empregadas com o intuito de amenizar as conseqüências das tensões de contração. Nesse sentido, o distanciamento da ponteira do fotopolimerizador pode ser útil quando o clínico deseja a protelação do ponto gel da resina composta. Essa técnica é relativamente simples e apresenta bons resultados, ela se baseia na diminuição inicial da polimerização das resinas fotoativadas para que ela ocorra de forma mais lenta, propiciando ao material o

alívio das tensões de contração por deformação interna, similarmente ao que acontece com as resinas quimicamente ativadas (REIS, LOGUERCIO, 2021).

As técnicas *soft-start* e *pulse-delay* por exemplo, se baseiam nesse princípio de polimerização lenta da resina através da aplicação de uma menor irradiância inicial. Sendo assim, a polimerização *soft-start* consiste na polimerização inicial da resina composta com baixa irradiância de luz feita de forma contínua até atingir a polimerização final com alta irradiância. Já a técnica *pulse-delay* envolve uma polimerização inicial de baixa intensidade, um período de espera em que pode ser realizado o acabamento da restauração, e uma polimerização final com alta intensidade, assim, o intervalo entre os dois pulsos, aumenta a fase pré-gel da resina composta e melhora a sua fluidez, aliviando o estresse gerado pela contração do compósito. Logo, esses métodos são baseados na baixa intensidade luminosa inicial, buscando prolongar o tempo pré-gel do composto e promover uma polimerização progressiva do material (REIS, LOGUERCIO, 2021; SCHNEIDER et al., 2016).

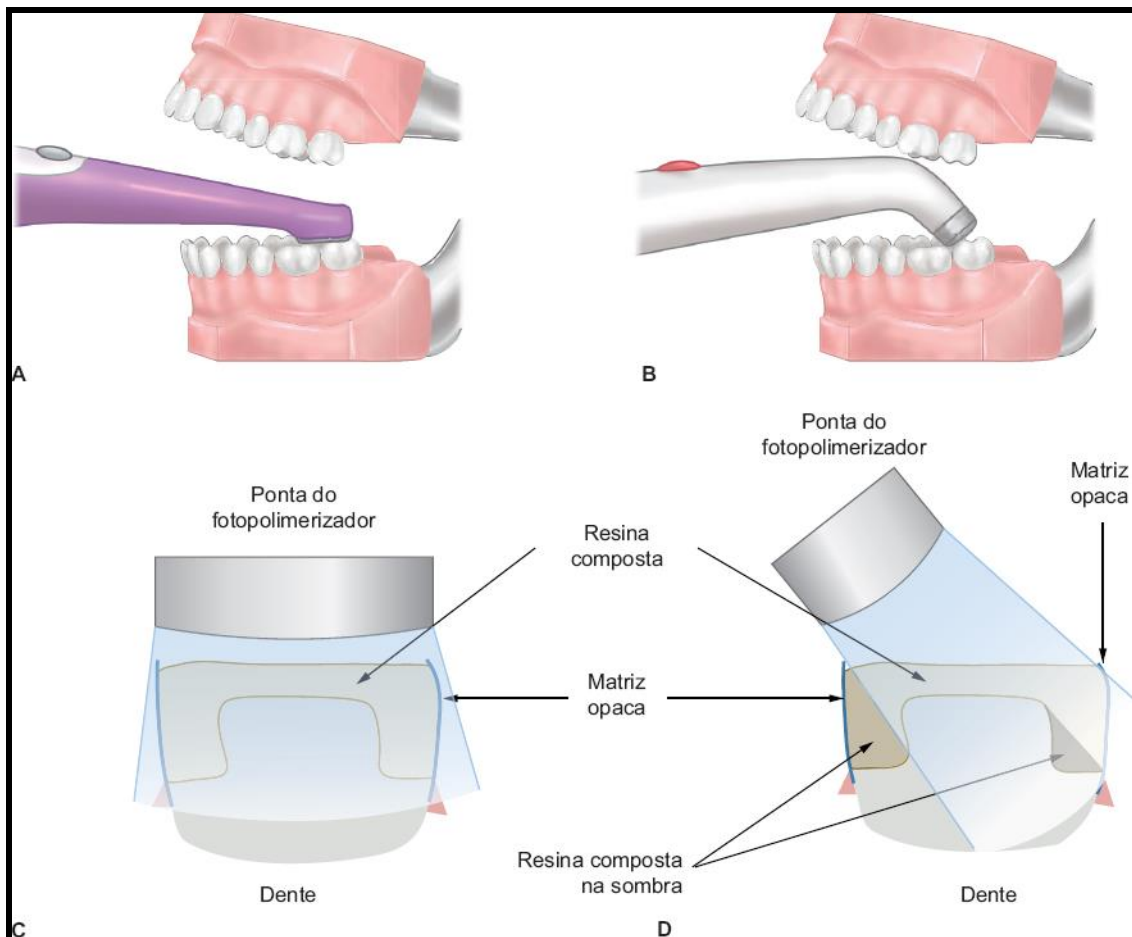
### **2.5.3 Angulação da ponteira condutora de luz**

Preconiza-se que a superfície da extremidade da ponteira encontre-se o mais paralela possível à superfície da resina composta para evitar a formação de sombra na região distal da área exposta, o que ocasionaria redução na irradiância, podendo comprometer a polimerização naquela região. Além disso, a dificuldade de acesso da ponteira do fotoativador no interior da cavidade bucal para ser posicionado adequadamente configura-se como outro aspecto capaz de prejudicar a polimerização das resinas compostas. Em restaurações de dentes anteriores tal impasse é facilmente superado. Em contrapartida, é difícil evitar esse problema durante a fotoativação de resinas compostas em dentes posteriores, pela própria localização do dente (REIS, LOGUERCIO, 2021).

Sendo assim, em várias situações clínicas, especialmente na restauração de dentes posteriores, é comum se observar a necessidade de inclinação da ponta do aparelho fotopolimerizador, no momento de fotoativar a resina composta (PRICE, 2017). Isso dependerá, principalmente, da capacidade de abertura bucal do paciente e da angulação da ponteira do fotoativador. Determinados fotoativadores que não utilizam ponteiros e cuja saída de luz é posicionada em um ângulo de 90° em

relação ao longo eixo do fotoativador, como a *Valo*<sup>®</sup> (*Ultradent*) permitem que a angulação da saída de luz seja paralela à superfície da resina composta, independentemente da posição do dente e do tipo de cavidade a ser restaurada (figura 3). Em contrapartida, fotoativadores com ponteiros de maior calibre ou apresentando pouca angulação complicam o posicionamento correto da extremidade da guia de luz na superfície (REIS, LOGUERCIO, 2021).

**Figura 3** – Representação esquemática ilustrando a implicação clínica da angulação da saída de luz em relação à superfície do dente a ser restaurado. Percebe-se que o fotopolimerizador representado em A permite a emissão de luz em todas as paredes da cavidade (C). Já um posicionamento angulado (B) leva à formação de região de sombra de luz como pode ser observado na imagem D.



Fonte: REIS, LOGUERCIO, 2021.

#### 2.5.4 Design do fotopolimerizador e diâmetro da ponteira condutora de luz

Levando em consideração que as unidades de LED podem ser com ou sem fio e apresentar *designs* diversificados, como estilo de arma ou estilo de caneta,

sendo a fonte de luz fornecida pela ponta ou por guias de luz (figura 4), alguns estudos constataram que o *design* apresentado pelo aparelho fotoativador é capaz de afetar a polimerização dos materiais resinosos (CORCIOLANI et al., 2008; SOARES et al., 2017). Cabe ressaltar, que isso ocorre também, pois o *design* do aparelho fotopolimerizador interfere diretamente na relação grau de *Angulação da ponteira condutora de luz X* longo eixo do aparelho fotoativador, conforme ilustrado (figura 3 e 4).

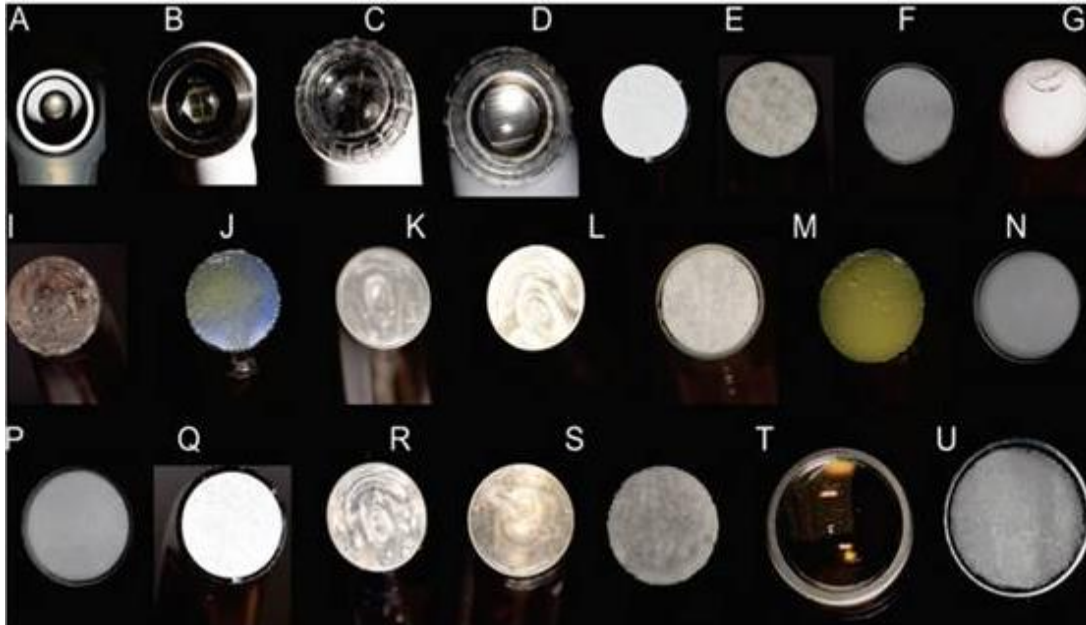
**Figura 4** – Fotografia de diferentes modelos de apresentação de aparelhos fotoativadores de LED e *designs* de guias de luz (A-N).



Fonte: ASSAF, FAHD, SABBAGH, 2020.

Dentro desse contexto, atualmente, podem ser encontrados fotopolimerizadores com ponteiros de variados diâmetros (figura 5) e que, conseqüentemente, fornecem poderes radiantes, saída radiante, espectros de emissão e perfis de feixe de luz diferentes (SHIMOKAWA et al., 2020). Desse modo, fatores como a geometria e o diâmetro da ponta de luz também são capazes de influenciar na fotopolimerização (CORCIOLANI et al., 2008; SOARES et al., 2017).

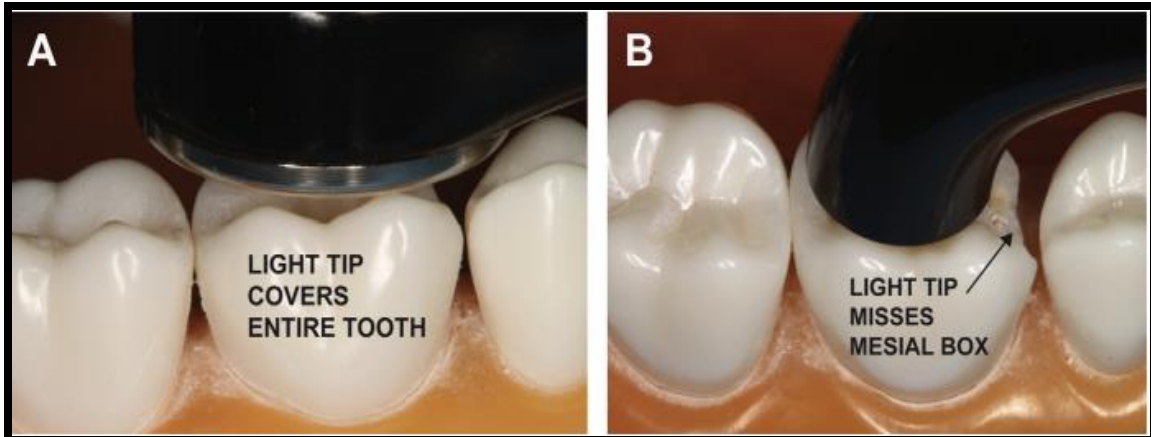
**Figura 5** – Fotografia de diferentes formas de apresentação de ponteiros de luz do menor ao maior diâmetro: A. KON-LUX®; B. TL-01®; C. Ralii plus®; D. Ralii cal®; E. Cor Optilight®; F. 3M/ESPE® de alta potência; G. DB 685®; H. Led Lux II®; I. DX Turbo LED®; J. Demetron LC®; K. EC500®; L. EC450®; M. Emitter D®; N. XL 3000®; O. Emitter C®; P. Poly Wireless®; Q. Optilight Max®; R. Alt Lux II®; S. BioLux Standard®; T. Bluephase G2®; U. Valo Cordeless®.



Fonte: SOARES et al., 2017.

Diâmetros de ponteiros entre 11 e 13mm são capazes de fazer uma cobertura efetiva de toda a extensão da restauração, através do método de aplicação fixa da luz, ou seja, não é necessário fazer várias aplicações no mesmo local em vários ângulos. Todavia, nos dias atuais, é possível encontrar a disponibilidade de fotoativadores com ponteiros de diâmetros inferiores a 8mm. Por conseguinte, ocorre o risco da luz emitida pelo fotopolimerizador não atingir totalmente a superfície da restauração. Sendo assim, como forma de compensar esse impasse, podem ser necessárias múltiplas exposições luminosas em diferentes posições da superfície da restauração. Deve-se evitar a aplicação da luz em movimentos sobre a superfície da resina composta, visto que isso diminui a irradiância emitida (REIS, LOGUERCIO, 2021). Na figura 6, logo abaixo, é possível constatar visivelmente a forma que o diâmetro da ponteira do aparelho fotopolimerizador influencia na distribuição uniforme de luz à restauração.

**Figura 6** – Fotografia apresentando duas pontas de luz com diferentes diâmetros sendo posicionadas em um macromodelo acima de um mesmo dente, nesse caso, um molar. (A) Uma ponta de luz grande e de diâmetro largo pode cobrir um dente molar inteiro (em inglês “*light tip covers entire tooth*”: ponta de luz cobre todo o dente), enquanto (B) uma ponta de luz de diâmetro menor e estreito exigirá múltiplas exposições para cobrir de maneira satisfatória uma restauração méso-oclusal (MO) do mesmo dente (em inglês “*light tip misses mesial box*”: ponta de luz desampara a porção mesial).



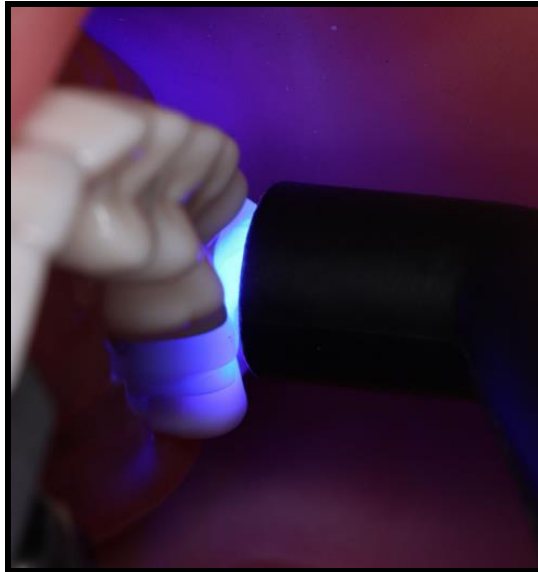
Fonte: PRICE, 2017.

### **2.5.5 Técnica e treinamento do operador**

Segundo Reis e Loguercio (2021), é fundamental que a ponteira da unidade de fotopolimerização esteja fixa, estável e o mais próximo possível do incremento de resina composta (figura 7). Ademais, a superfície do aparelho deve estar sempre paralela à superfície do dente que será exposta à luz. Para que isso possa ser feito de maneira efetiva, o operador deve utilizar as duas mãos durante o procedimento de fotoativação, sendo uma delas usada para segurar o equipamento, enquanto a outra segura a ponteira, ao mesmo tempo em que é apoiada em alguma superfície rígida da boca do paciente para manter a ponteira estável e em posição.



**Figura 7** – Fotografia ilustrativa evidenciando que a ponteira condutora de luz do fotopolimerizador deve ser posicionada da forma mais aproximada possível da restauração a ser polimerizada.



Fonte: SULIMAN, ABDO, ELMASMARI, 2020.

Dessa forma, a menos que o operador não seja cuidadoso, a posição da ponta de luz sobre o dente pode produzir áreas de sombras indesejadas (figura 3-D), ocasionando um efeito adverso na quantidade de energia recebida pelo material resinoso (KONERDING et al., 2016). Como precaução, alguns fabricantes desenvolveram fotoativadores com uma tecnologia capaz de avisar o clínico caso a ponteira seja movida de seu alvo e ocorra redução na irradiância (REIS, LOGUERCIO, 2021).

Portanto, tanto o aparelho fotoativador quanto a técnica de aplicação de luz usada pelo clínico têm um efeito significativo na exposição radiante fornecida à restauração. Infelizmente, é uma prática frequente não observar a posição da ponta da luz do aparelho fotopolimerizador sobre o dente durante a fotopolimerização. Isso pode afetar negativamente a quantidade de energia recebida pela restauração e, portanto, a extensão da polimerização da resina (KONERDING et al., 2016).

### **2.5.6 Homogeneidade do feixe de luz**

Presumia-se, durante muito tempo, que toda a área superficial da ponteira fotoativadora dos equipamentos LEDs distribuía a luz com emissão radiante uniforme. Contudo, tecnologias específicas de análise do feixe de luz emitido pelos fotoativadores têm apontado que determinados aparelhos emitem um feixe de luz

com distribuição não homogênea, caracterizado pela presença de pequenas áreas com baixos valores de emissão radiante (*cold spots*) e outras áreas com valores de emissão radiantes muito altos (*hot spots*) (REIS, LOGUERCIO, 2021).

Desse modo, caso a luz não seja emitida uniformemente através da ponteira do aparelho de fotoativação, mesmo que ela cubra por completo a totalmente a restauração a ser fotopolimerizada, a polimerização da resina composta ainda pode ser afetada negativamente, já que algumas regiões da restauração podem receber uma quantidade insuficiente de luz e outras, em contrapartida, podem receber valores de irradiância mais elevados (SHIMOKAWA et al., 2020). Portanto, preconiza-se que o aparelho emita um feixe colimado, este corresponde a um feixe direcionado (não divergente) que apresenta raios luminosos paralelos entre si, em que todo feixe se propaga na mesma direção, ocorrendo uma menor dispersão da luz (DAVIDOVICH et al., 2015).

Price (2017) afirma que a depender do *design* do aparelho fotopolimerizador, a luz pode ser emitida em diferentes graus de divergência do feixe, bem como assegura que o efeito da distância da ponta na irradiância do alvo varia para diferentes frequências de luz, porque parte da luz é emitida como um feixe colimado e outra parte é dispersada.

Variados fotopolimerizadores de baixo custo disponíveis comercialmente no mercado do ramo de produtos odontológicos possuem um feixe de luz com distribuição não uniforme. Essa falta de homogeneidade tem como resultado regiões do incremento de resina composta com menor conversão monomérica em polímeros, afetando suas propriedades mecânicas (REIS, LOGUERCIO, 2021). Diante disso, podem ser aplicados tempos de fotoativação mais duradouros com o intuito de minimizar os efeitos negativos da ausência de uniformidade do feixe de luz emitido pelo fotopolimerizador (PAR et al., 2019).

### **2.5.7 Opacidade e translucidez do material restaurador**

Determinadas características ópticas da resina composta podem ter influência da transmissão de luz ao longo de todo o corpo do material resinoso. Essa dispersão que a luz sofre ao atravessar a resina composta é dependente de uma série de variáveis como a opacidade e a translucidez do material, características das

partículas de carga, presença e tipos de pigmentos, espessura de incrementos, entre outros (SHIMOKAWA et al., 2017).

Dessa forma, quanto maior a opacidade do material, menor será a transmissão de luz dentro dele e, conseqüentemente, ele apresentará uma profundidade de polimerização reduzida, obtendo-se, assim, menor grau de conversão e dureza (ARCHEGAS et al., 2012). Sendo assim, as resinas compostas com opacidade descrita como de dentina precisam receber um tempo de exposição de luz maior para que se alcance um grau de conversão semelhante ao da resina composta com opacidades menores, como as resinas de esmalte (ALBINO et al., 2011).

Em contraste, a alta translucidez de algumas resinas compostas proporciona a penetração luminosa em camadas mais profundas na espessura do material. Isso melhora o grau de conversão de seus monômeros em polímeros em uma maior extensão do corpo do material resinoso translúcido (ILIE, 2019). A exemplo disso tem-se atualmente no mercado as resinas *bulk fill* que são materiais que têm ganhado grande destaque para as restaurações diretas posteriores em virtude da sua elevada translucidez alcançada através de alterações na sua composição que geram vantagens como a inserção de incremento único ou incrementos de maiores espessuras (>4mm), a necessidade de um baixo tempo de fotoativação, a melhoria das propriedades estéticas e um maior custo-benefício em comparação aos materiais restauradores indiretos (MOTA et al., 2019; RODRIGUES et al., 2021).

O aumento da translucidez das resinas *bulk fill*, por sua vez, favorece a penetração da luz do fotopolimerizador às camadas mais profundas do incremento inserido, o que possibilita a aplicação de um menor tempo de fotoativação e baixa contração durante a polimerização do material, aumentando as propriedades mecânicas da restauração (MOTA et al., 2019; RODRIGUES et al., 2021).

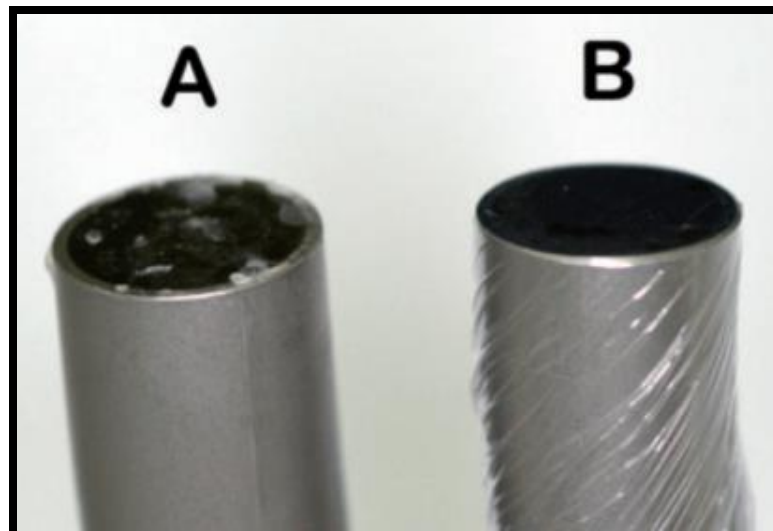
### **2.5.8 Métodos de desinfecção e uso de barreiras de proteção**

Como forma de garantir que a luz do fotopolimerizador seja devidamente distribuída ao incremento de resina composta, é substancial que a ponteira do aparelho permita uma ótima condução luminosa. Para que isso ocorra, é necessário que a extremidade da ponteira não apresente resíduos resinosos em sua superfície ou que esteja danificada (lascas ou trincas) em virtude de quedas ou choques com

outras superfícies sólidas. Tais fatores são negativos ao processo de fotopolimerização (REIS, LOGUERCIO, 2021).

Desse modo, um critério relevante para a manutenção das ponteiros de fibra óptica é prevenir que ela contate a resina não polimerizada, pois esta ficará aderida à superfície, prejudicando a passagem da luz. Em razão disso, a ponteira deve ser recoberta por um filme de policloreto de vinila (PVC) transparente antes do uso, o qual não irá bloquear a emissão luminosa (figura 8) (TORRES et al., 2013).

**Figura 8** – Fotografia ilustrando o impacto do uso de uma barreira de proteção impermeável como forma de prevenir a aderência de resíduos na ponteira condutora de luz. (A) Ponteira condutora de luz desprotegida, com resíduos de resina composta aderidos à sua superfície. (B) Ponteira adequadamente protegida por filme de PVC.



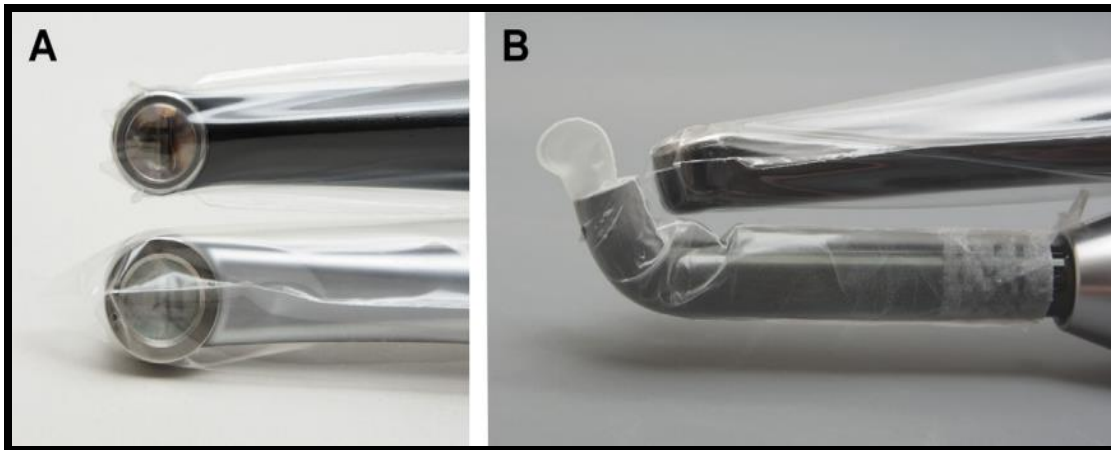
**Fonte:** TORRES et al., 2013.

Achados eventuais de resíduos de material resinoso na extremidade da ponteira podem ser removidos com uma gaze associada com álcool. A qualidade da ponteira, por sua vez, deve ser checada frequentemente antes e após a sua utilização (REIS, LOGUERCIO, 2021).

Nesse contexto, Torres et al. (2013) apontam que o processo da autoclavagem provoca a opacificação da superfície da fibra óptica da ponteira após muitos ciclos, dificultando a passagem de luz. Sendo assim, a vantagem de autoclavar as pontas de luz nem sempre se aplica a todos os aparelhos de fotopolimerização. Em virtude disso, recomenda-se o uso de barreiras de controle de infecção que envolvam todo o fotopolimerizador, botões e guias de luz. Nesse sentido, a barreira deve se ajustar perfeitamente sobre a ponteira do aparelho

fotopolimerizador, não devendo impossibilitar a saída de luz (figura 9) (PRICE, 2017).

**Figura 9** – Fotografia ilustrativa de barreiras de controle de infecção com invólucro de plástico transparente em fotopolimerizadores. É possível perceber que em (A) que a barreira está perfeitamente ajustada sobre a ponta de luz, já em (B) a barreira não está adaptada corretamente na ponteira, o que pode ocasionar interferência e/ou impedir a saída e emissão de luz.



Fonte: PRICE, 2017.

## 2.6 Consequências da subpolimerização de restaurações com resina composta

A polimerização incompleta pode afetar de forma negativa as propriedades físicas da resina composta, causando a redução da resistência de união, o aumento do desgaste e a quebra, microinfiltração, toxicidade pulpar, cárie recorrente, instabilidade de cor e até mesmo diminuição da biocompatibilidade da restauração resinosa (BEZERRA et al., 2021; SULIMAN, ABDO, ELMASMARI, 2020). Além disso, a deterioração marginal e a redução na resistência de união e dureza podem eventualmente ocorrer, levando à falha da restauração (NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018).

Rúbio et al. (2021) relatam que a subpolimerização de restaurações resinosas (<math><400\text{mW}/\text{cm}^2</math>) podem ter como resultado a ocorrência de fraturas, bem como a redução das propriedades mecânicas do material, como baixa resistência, aumento da sorção de água e instabilidade de cor da resina. Ademais, pode gerar irritação da polpa dental e facilitar a incidência de cáries secundárias de tal forma a diminuir a longevidade clínica das restaurações. Tais características poderão ser percebidas clinicamente através de alterações de cor, fendas na interface, microinfiltração,

sensibilidade pós-operatória, trincas e favorecimento à fratura da coroa do dente (BEZERRA et al., 2021).

Sendo assim, em casos em que a restauração não recebe a irradiância adequada, pode ocorrer acúmulo de monômero residual, levando a um baixo grau de conversão de monômero em polímero, aumento da citotoxicidade, redução da dureza, diminuição no módulo de elasticidade, aumento do desgaste e ruptura das margens da restauração (LIMA et al., 2016; TONGTAKSIN, LEEVAILOJ, 2017).

Conseqüentemente, a deficiência na potência da luz, por sua vez, pode gerar como características indesejáveis a má funcionalidade das resinas compostas, gerando uma maior chance de infiltração marginal e uma redução das propriedades mecânicas pela polimerização que não consegue ser suficiente nas camadas mais profundas podendo ocasionar fraturas. Essas possíveis infiltrações podem colaborar com a entrada de microrganismos e com o acúmulo deles ocorre o desenvolvimento de cáries secundárias (SCARIOT, CALZA, CASALI, 2017).

## **2.7 Riscos da fotopolimerização e medidas de proteção**

O processo de fotopolimerização pode gerar alguns riscos, considerando que a luz emitida pelos aparelhos fotopolimerizadores concentra-se entre o espectro azul e violeta, aproximando-se do comprimento de onda dos raios ultravioletas (UV) que são capazes de causar lesões aos olhos, tendo o risco relação com a intensidade de luz emitida pela lâmpada, a geometria radioativa, o grau em luz que é refletida e a utilização de proteção ocular (KOPPERUD et. al., 2017). Dessa maneira, as unidades de fotoativação podem causar danos oculares ao paciente, operador e equipe auxiliar (TORRES et al., 2013).

Nessa situação, o fato se torna crítico pois, segundo a literatura, a maioria dos cirurgiões-dentistas fazem o uso de uma proteção ocular inadequada durante a realização dos procedimentos odontológicos como, olhar para longe da luz e utilizar apenas a viseira de proteção acoplada ao aparelho (KOPPERUD et. al., 2017).

Rueggeberg et al. (2017) apontam que a luz azul é transmitida através dos meios oculares e absorvida pela retina. Nesse sentido, enquanto altos níveis de luz azul provocam a queima imediata e irreversível da retina, presume-se que a exposição crônica a baixos níveis de luz azul leve ao envelhecimento e degeneração acelerados da retina e possa acelerar a degeneração macular relacionada à idade.

Portanto, para o uso de fotopolimerizadores, preconiza-se a utilização de óculos ou anteparos de cor alaranjada com densidade óptica suficiente para filtrar a luz azul. A densidade óptica, representa a capacidade que uma lente possui de impossibilitar a passagem das ondas luminosas prejudiciais para os olhos, é calculada em relação ao valor de máxima exposição permitida para cada tipo de fonte luminosa. Os óculos de proteção ou anteparos, por sua vez, garantem um alto grau de conforto para o profissional, permitindo que ele visualize, de maneira direta, o local de aplicação da luz. A lente protetora deve absorver a maior parte da luz azul e transmitir o restante da radiação visível para que o campo de trabalho possa ser observado (TORRES et al., 2013).

Nessa perspectiva, é de extrema importância que o profissional observe o que está fazendo durante a fotopolimerização. Para isso, além dos óculos bloqueadores de luz azul (do inglês "*blue blocker*") também podem ser utilizadas viseiras protetoras (do inglês "*light shield*"). Mesmo quando o dentista instantaneamente desvie o olhar depois de acionar a luz de polimerização, a exposição acumulada em um dia pode ultrapassar o limite máximo de exposição diária de acordo com as diretrizes da Comissão Internacional sobre Proteção contra Radiação Não-Ionizante (ICNIRP) (MUTLUAY, RUEGGERBERG, PRICE, 2014).

A figura 10-a evidencia a luz azul refletida da ponteira de polimerização, o que, muitas vezes, impossibilita que o dentista observe a direção do procedimento. Geralmente, se um óculos bloqueador de luz azul não for usado, o dentista terá que desviar o olhar durante a fotopolimerização (figura 10-b), possivelmente resultando em uma ponteira desalinhada. Sendo assim, em uma situação ideal, o dentista deve ser protegido da luz azul com uma viseira de proteção (*light shield*) (figura 10-c) ou um óculos de proteção capaz de filtrar a luz azul (*blue blocker*) (figura 10-d), para observar o procedimento de fotopolimerização adequadamente (MUTLUAY, RUEGGERBERG, PRICE, 2014).

**Figura 10** – Fotografias ilustrativas de diferentes circunstâncias durante o processo de fotopolimerização. (a) A intensa reflexão da área alvo durante a fotopolimerização de uma restauração é geralmente um fator de distração para o clínico. (b) A proteção limitada fornecida pela viseira protetora laranja acoplada ao próprio fotopolimerizador não é eficaz na maioria das posições de fotopolimerização e o clínico normalmente desvia o olhar. Ademais, o pequeno tamanho da viseira laranja na luz de polimerização não protege outros profissionais clínicos nas proximidades da exposição ocupacional à luz azul. (c) Uma viseira facial protetora ou (d) óculos alaranjados podem ser utilizados com a finalidade de proteger o operador de toda a luz azul refletida, permitindo assim que o clínico observe com segurança o que está fazendo.



**Fonte:** MUTLUAY, RUEGGERBERG, PRICE, 2014.



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Avaliar o estado de conservação externa e a irradiância emitida pelos aparelhos fotopolimerizadores utilizados na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Campus VIII perante a desinfecção e o uso de barreiras de proteção nas ponteiras condutoras de luz.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Verificar e quantificar os fotopolimerizadores que apresentam um bom estado de conservação externa e os que possuem danos físicos estruturais que possam interferir indiretamente no desempenho clínico do aparelho;
- Efetuar e registrar as leituras dos valores de irradiância dos aparelhos fotopolimerizadores antes e após a desinfecção das ponteiras com álcool 70% e com uso de duas barreiras impermeáveis: filme de PVC e saco plástico translúcido;
- Avaliar se os valores de irradiância dos fotopolimerizadores estão com uma condição adequada de uso de acordo com os valores de referência preconizados na literatura que asseguram uma polimerização adequada de materiais restauradores resinosos;
- Comparar a diferença entre os valores de irradiância que podem ser apresentados pelo mesmo aparelho fotopolimerizador ao ser submetido a diferentes situações clínicas de proteção e desinfecção da ponteira.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Caracterização do estudo**

O estudo realizado foi do tipo experimental, caracterizado por um método de amostragem intencional não probabilístico, com abordagem de análise descritiva e quantitativa dos achados e utilização de prontuário próprio, adaptado para coleta de dados.

### **4.2 Localização do estudo**

A pesquisa foi realizada nas dependências do curso de Odontologia da UEPB – Campus VIII, localizado no município de Araruna, região do Curimataú Oriental do Estado da Paraíba. As clínicas-escolas realizam triagem e tratamento de pacientes para todos os componentes clínicos do curso, incluindo clínicas de especialidades e as clínicas integradas, atendendo a toda a microrregião do Curimataú Oriental, que inclui sete municípios, além de atender ao município de Passa e Fica, que pertence ao Estado do Rio Grande do Norte, localizando-se nas proximidades. A microrregião do Curimataú Oriental é uma das 23 microrregiões do estado da Paraíba, pertencente à Mesorregião do Agreste Paraibano. Sua população, segundo o censo de 2015 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi estimada em 96.137 habitantes. Estima-se que os serviços odontológicos oferecidos pela referida Clínica Escola, atenda a uma população de aproximadamente 105.000 habitantes - incluindo o município Passa e Fica, que possui uma população estimada de 13.667 habitantes – em uma área territorial de 42.137 quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), conforme dados do ano de 2021 fornecidos pelo IBGE.

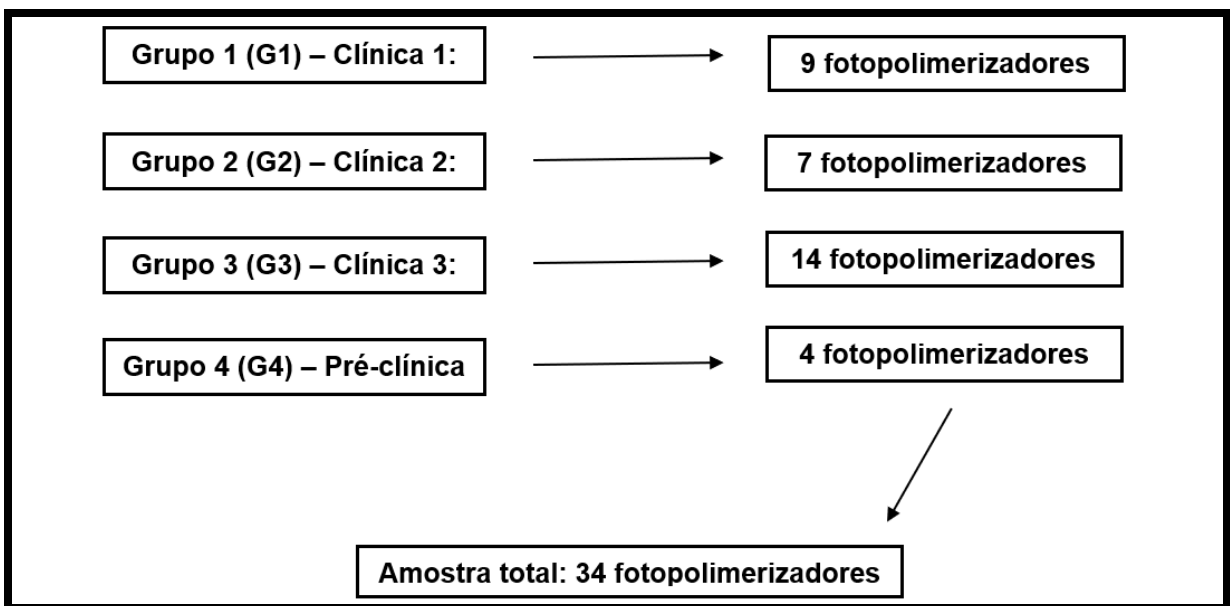
### **4.3 Amostra**

A amostra selecionada para a realização desta pesquisa foi composta por 34 aparelhos fotopolimerizadores distribuídos nas três clínicas de atendimento e na pré-clínica de atividades práticas do curso de Odontologia da UEPB – Campus VIII.

Os 34 fotopolimerizadores selecionados para a amostragem foram separados de acordo com a numeração da clínica odontológica em que se encontravam. Sendo

assim, a amostra da pesquisa concernente à mensuração dos níveis de irradiância foi subdividida em 4 grupos, compostos, cada um, pela quantidade de aparelhos existentes que foram incluídos na pesquisa conforme os critérios pré-estabelecidos que serão expostos adiante. A divisão dos grupos correspondentes às clínicas e ao número de fotopolimerizadores de cada uma delas incluídos na amostra foram distribuídos conforme ilustra a figura 11 abaixo:

**Figura 11** – Figura esquemática da subdivisão dos quatro grupos componentes da amostra e seus respectivos números de fotopolimerizadores.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Nesta pesquisa, a prioridade de utilizar o método de separação dos fotopolimerizadores por clínica teve como finalidade a realização de uma posterior análise comparativa dos valores mensurados de irradiância e com base nesses resultados, obter um panorama geral da condição de uso dos aparelhos dos quatro grupos da amostra, determinando, dessa forma, qual deles teve fotopolimerizadores com valores mais próximos dos preconizados na literatura para uma fotopolimerização satisfatória, conforme salientam os objetivos deste estudo. Além disso, essa divisão da amostra em grupos foi útil para manter uma melhor organização durante a coleta de dados, visto que essa etapa envolveu um importante esforço para reunir e registrar uma ampla quantidade de leituras numéricas de irradiância de diferentes aparelhos.

## **4.4 Critérios de seleção da amostra**

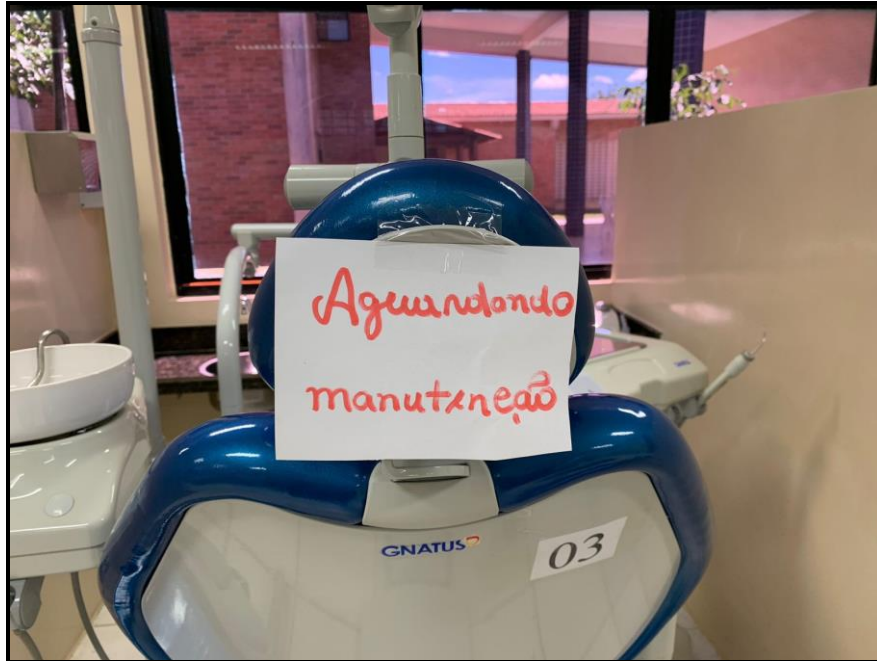
### **4.4.1 Critérios de inclusão**

- Fotopolimerizadores em funcionamento e em uso nos atendimentos das clínicas ou atividades práticas laboratoriais da UEPB – Campus VIII durante o período de execução da pesquisa.

### **4.4.2 Critérios de exclusão**

- Fotopolimerizadores sem funcionamento por quaisquer tipos de danos físicos estruturais (botões manuais do painel de controle inativos, ausência total de emissão de luz pela ponteira, ausência de visão do *display* do temporizador, ponteira condutora de luz danificada por trincas ou fraturas, fio de alimentação de energia corrompido, entre outros) e, portanto, encontravam-se em categoria de desuso nos atendimentos das clínicas da UEPB – Campus VIII no período de execução da pesquisa;
- Fotopolimerizadores que, em decorrência de algum imprevisto externo, à exemplo, manutenção do equipo odontológico durante o período de coleta de dados (figura 12), foram inviabilizados para mensuração dos valores de irradiância e automaticamente removidos da amostra pelos pesquisadores.

**Figura 12** – Fotografia de um equipo odontológico em manutenção durante o período de coleta de dados da pesquisa.



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021.

#### 4.5 Caracterização da amostra

Recentemente, no ano de 2021, o Centro de Ciências Tecnologia e Saúde (CCTS) da UEPB – Campus VIII completou 11 anos de criação e, desde então, nas clínicas escolas do curso de Odontologia são ofertados, gratuitamente, variados tratamentos dentários aos pacientes, melhorando sua qualidade de vida. No início de sua implementação na cidade de Araruna, as clínicas de atendimento foram abastecidas de equipamentos e materiais necessários para garantir o seu bom funcionamento.

Nesse contexto, todas as clínicas possuem, para cada dupla de alunos, diferentes espaços de atendimento, os quais são providos de um equipo odontológico completo da marca comercial *Gnatus*<sup>®</sup> contendo os seguintes aparatos: cadeira para a acomodação do paciente com sistema de elevação e apoio fixo dos braços, compressor odontológico, cuspideira, luz refletora, sugador, bancada para apoio de instrumentais, negatoscópio para radiografias periapicais, seringa tríplice, encaixes para o uso do kit acadêmico de canetas odontológicas com pedal de comando e um aparelho fotopolimerizador (figura 13).

**Figura 13** – Fotografia do espaço padrão de atendimento destinado a cada dupla de alunos nas clínicas escolas da UEPB – Campus VIII, contendo o equipo odontológico completo (*Gnatus*<sup>®</sup>) com todos os aparatos necessários para realização dos procedimentos clínicos.



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2022.

Os fotopolimerizadores presentes nas três clínicas de atendimento são da marca comercial *Gnatus*<sup>®</sup> da linha de modelo *LD Max* e apresentam as seguintes especificações: *design* peça de mão acoplável com fio, peso leve, tempos programáveis de fotoativação (10, 20, 40, 60, 80 e 90 segundos) com sonorizador de *bip* curto ao término da operação, ponteira condutora de luz de acrílico provida de viseira protetora ocular e tecnologia à base de LED (diodo emissor de luz) que utiliza uma fonte de luz azul para a ativação de diversos produtos odontológicos (figura 14).

**Figura 14** – Fotografia do fotopolimerizador *LD Max Gnatus*<sup>®</sup> presente nos equipos odontológicos das três clínicas de atendimento do Campus VIII.



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2022.

Por outro lado, os fotopolimerizadores presentes na pré-clínica do curso de Odontologia só começaram a ser utilizados em agosto de 2021, durante o retorno das atividades práticas após um maior controle da pandemia e redução dos casos de COVID-19 em decorrência da vacinação da população. Desse modo, tais aparelhos possuem um tempo de vida clínica menor em relação aos utilizados nas clínicas escolas, sendo, portanto, mais novos e preservados.

Os fotopolimerizadores da pré-clínica, por sua vez, são de um modelo mais moderno do mercado chamado de *Emitter A FIT*, fabricados pela *Schuster*. Eles apresentam as seguintes especificações: formato anatômico de fácil manuseio, ausência de fio (sistema *wireless*) que juntamente ao seu leve peso facilita seu posicionamento e autonomia do profissional, bateria recarregável de alta performance com sistema inteligente que desliga automaticamente o aparelho após 2 minutos sem uso, tempos programáveis de fotoativação (5, 10 e 20 segundos)

com sonorizador de *bip* curto a cada 5 segundos e no final da operação, ponteira condutora de luz de fibra óptica com protetor ocular e capacidade de giro de 360° que facilita o acesso luminoso em difíceis regiões e lâmpada do tipo LED (figura 15).

**Figura 15** – Fotografia do fotopolimerizador *Emitter A FIT* do fabricante *Schuster Comércio de Equipamentos Odontológicos Ltda* utilizado para execução de atividades e provas práticas dos estudantes na pré-clínica do curso de Odontologia do Campus VIII.



**Fonte:** Disponível em: <<https://cdn.utilidadesclinicas.com.br/produtos/550/fotopolimerizador-emitter-a-fit-bivolt-sch10196a-2.png>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

É válido destacar que os fotopolimerizadores das três clínicas escolas são utilizadas com maior frequência pelos estudantes, visto que o curso de Odontologia do Campus VIII possui um turno integral, oferecendo atendimentos semanalmente de manhã, à tarde e à noite. Em contrapartida, os aparelhos presentes na pré-clínica são utilizados eventualmente em atividades e/ou provas práticas simuladas em dentes artificiais de manequins odontológicos, tendo, portanto, uma menor periodicidade de uso.

## 4.6 Coleta de dados

### 4.6.1 Primeira fase: exame macroscópico e seleção da amostra



Fundamentada através da adaptação da metodologia proposta por Barata et al. (2021), a primeira fase da coleta de dados desta pesquisa foi iniciada com a realização de uma inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores presentes nas três clínicas de atendimento e na pré-clínica do curso de Odontologia da UEPB – Campus VIII.

Para isso, dois pesquisadores devidamente treinados realizaram uma análise visual minuciosa dos aparelhos presentes em todas as clínicas com o intuito de avaliar a sua condição externa de conservação e detectar a existência de possíveis danos físicos estruturais que poderiam estar influenciando indiretamente na emissão da irradiância e no desempenho clínico do fotopolimerizador, tais como: botões manuais do painel de controle sem funcionamento ou com desgaste, ausência total de emissão de luz pela ponteira, ausência de visão do *display* do temporizador, ponteira condutora de luz danificada por trincas ou fraturas, cabo isolante do fio de alimentação de energia corrompido ou deteriorado, viseira protetora quebrada ou ausente, entre outros.

Dessa forma, todos os danos significativos encontrados durante essa etapa inicial foram registrados em fichas próprias de avaliação macroscópica desenvolvidas para as três clínicas escolas e para a pré-clínica, totalizando, portanto, em 4 fichas. As fichas elaboradas apresentam na parte superior um local para anotar a data em que foi realizada a coleta de dados da inspeção, o local onde se encontrava o aparelho e um quadro subdividido em linhas e colunas para o registro das informações coletadas pelos pesquisadores (APÊNDICE A).

Na ficha das clínicas escolas, especificamente, a primeira coluna apresentava a numeração ordenada de todos os equipos odontológicos existentes na clínica em questão a fim de facilitar a localização do fotopolimerizador incluído na pesquisa para um maior controle e organização durante o processo de coleta de dados. Outras duas colunas ofereciam espaços disponíveis para que os pesquisadores pudessem descrever com maior detalhamento os danos físicos estruturais identificados e observações que julgassem importante registrar. Por fim, a última coluna possuía opções de marcação (SIM ou NÃO) para que os pesquisadores assinalassem um “X” se o fotopolimerizador avaliado foi incluído ou não na amostra de acordo com os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos nessa pesquisa.

É válido esclarecer que na pré-clínica não possui equipos com fotopolimerizadores acoplados com fio, a sua ficha de avaliação macroscópica foi elaborada com os mesmos componentes já citados, tendo como única diferença que a primeira coluna não foi composta pela numeração ordenada dos equipos odontológicos como nas outras fichas, mas pelo número de patrimônio que cada aparelho possuía registrado em uma placa aderida à sua superfície externa para devida identificação.

Posto isso, a etapa inspeção macroscópica foi útil não só pelo levantamento de dados da condição externa de todos os aparelhos presentes nas clínicas escolas, mas também para a seleção da amostra que foi realizada simultaneamente pelos pesquisadores como forma de otimizar o tempo, visto que eles foram observando os critérios de inclusão e exclusão definidos e, automaticamente, excluindo da amostra equipos desprovidos de fotopolimerizadores, bem como aparelhos sem funcionamento e/ou em desuso nas clínicas. Sendo assim, após essa inspeção visual preliminar, os fotopolimerizadores componentes da amostra foram selecionados e incluídos na pesquisa para a segunda fase da coleta de dados.

#### **4.6.2 Segunda fase: avaliação da irradiância dos fotopolimerizadores**

Posteriormente, com a amostra devidamente selecionada, a pesquisa teve sequência para a segunda fase da coleta de dados que se resumiu, basicamente, no processo de aferição da irradiância emitida pelos fotopolimerizadores dos quatro grupos da amostra já abordados anteriormente (G1, G2, G3 e G4).

Estabelecendo como parâmetro diferentes trabalhos registrados na literatura (BARATA et al., 2021; GONÇALVES et al., 2013; HAO et al., 2015; MARSON, MATTOS, SENSI, 2010; NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018; OMIDI et al., 2018; SOUZA-JUNIOR et al., 2021) que se utilizaram deste mesmo recurso, nesta pesquisa, para a mensuração dos valores de irradiância dos fotopolimerizadores foi utilizado um radiômetro odontológico portátil que é um equipamento capaz de medir a emissão radiante por dispor de um sensor que reproduz a irradiância em  $\text{mW}/\text{cm}^2$ .

Desse modo, foi utilizado um aparelho radiômetro odontológico digital do modelo comercial *RD-7* fabricado pela *Ecel* (figura 16) que possui suas especificações técnicas gerais descritas adiante na tabela 3.

**Figura 16** – Fotografia do radiômetro *RD-7* fabricado pela *ECEL Indústria e Comércio Ltda.*



**Fonte:** Disponível em: <<https://cutt.ly/KOgifRQ>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

**Tabela 3** – Especificações técnicas do radiômetro *RD-7 Ecel.*

<b>Faixa de sensibilidade</b>	400nm a 500nm
<b>Faixa de intensidade</b>	0 a 1500mW/cm <sup>2</sup>
<b>Precisão</b>	+/- 5% da leitura
<b>Voltagem</b>	Bateria de 9V (volts)
<b>Comprimento</b>	120mm
<b>Largura</b>	66mm
<b>Altura</b>	23mm

<b>Peso</b>	150g (gramas)
<b>Leitura de saída</b>	mW/cm <sup>2</sup>
<b>Opções de medida</b>	LED ou lâmpada halógena

**Fonte:** Manual do Proprietário Radiômetro *RD-7*. Disponível em: <[https://equiposerv.com.br/custom/635/uploads/RD\\_7\\_Manual\\_Radiometro\\_Ecel.pdf](https://equiposerv.com.br/custom/635/uploads/RD_7_Manual_Radiometro_Ecel.pdf)>. Acesso em: 30 jan. 2022.

É válido salientar que o radiômetro utilizado na pesquisa veio calibrado de fábrica, não sendo necessário, portanto, de calibração periódica com o uso normal. A escala métrica na parte frontal do radiômetro RD-7, segundo o manual do fabricante, é calibrada entre 100 e 2000mW/cm<sup>2</sup>. Quanto mais alta for a leitura, maior será a intensidade de luz azul emitida. Além disso, esse radiômetro foi projetado para não ser sensível a interferências como campos magnéticos, influências elétricas externas, descargas eletrostáticas, a pressão ou variação de pressão, desde que o equipamento seja instalado, mantido limpo, conservado, transportado e operado conforme a instrução de uso do fabricante.

Para execução dessa segunda etapa da coleta de dados, dois avaliadores devidamente calibrados e orientados sobre o modo de uso correto do radiômetro, compareceram às clínicas escolas e à pré-clínica em horários vagos sem atendimentos marcados e/ou fluxo de estudantes com o propósito de obter um ambiente tranquilo para a realização da aferição da irradiância dos fotopolimerizadores.

Em conformidade com o protocolo adotado pelos autores Marson, Mattos e Sensi (2010) acerca do modo de uso do radiômetro odontológico, essa pesquisa seguiu o mesmo modelo pelo qual o dispositivo foi mantido em uma superfície estável plana e a ponteira ativa condutora de luz da unidade fotoativadora foi posicionada pelos avaliadores de maneira centralizada e perpendicular à superfície do receptor fotossensível do radiômetro (figura 17), permitindo o íntimo contato para o posterior acionamento da luz azul e verificação da constância da irradiância (figura 18).

**Figura 17** – Fotografia dos dois avaliadores calibrados realizando o posicionamento do radiômetro em uma superfície plana e estabilizada para permitir o contato centralizado da ponteira condutora de luz dos fotopolimerizadores em relação à parte sensorial desse equipamento responsável pela leitura da irradiância.



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021.

**Figura 18** – Fotografia aproximada do momento da leitura de irradiância evidenciando o íntimo contato entre a superfície do receptor fotossensível do radiômetro e da ponteira condutora de luz do aparelho de fotoativação.



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021.

A avaliação da irradiância dos aparelhos fotopolimerizadores nessa pesquisa foi realizada através de uma metodologia adaptada e fundamentada em diferentes trabalhos registrados na literatura. Por conseguinte, de cada estudo explorado obteve-se o embasamento para determinar os tempos de aferição, intervalo e quantidade de leituras tomadas e padronizações de procedimentos (BARATA et al., 2021; GONÇALVES et al., 2013; HAO et al., 2015; MARSON, MATTOS, SENSI, 2010; NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018; OMIDI et al., 2018; SOUZA-JUNIOR et al., 2021).

No entanto, é válido ressaltar que alguns princípios foram adotados na metodologia executada durante a etapa de mensuração da irradiância com o intuito de padronizar o procedimento de leitura com o uso do radiômetro. Logo, as seguintes regras foram estabelecidas e devidamente seguidas:

- Antes da realização de qualquer procedimento de aferição da irradiância, os operadores checavam se o radiômetro estava com a bateria completamente carregada, caso não estivesse, a bateria de 9V era trocada imediatamente por uma nova por precaução a fim de evitar discrepâncias de valores nas leituras;
- Antes da realização do procedimento de aferição da irradiância dos fotopolimerizadores do grupo 4 (G4), especificamente da pré-clínica e ausentes de fio (sistema *wireless*), os operadores se certificaram de que as baterias das unidades fotoativadoras estavam carregadas possibilitando o acionamento dos aparelhos para a leitura sem discrepâncias de valores;
- O tempo de aferição foi determinado pelo intervalo entre a ativação da luz azul e a estabilização da ponteira óptica do fotopolimerizador na região fotossensível para que o radiômetro efetuasse a leitura do valor de irradiância que, por sua vez, aparecia no *display* do dispositivo poucos segundos após o acionamento do fotoativador. Logo, apesar de serem estabelecidos tempos pré-definidos de acionamento luminoso para a mensuração de irradiância (20 e 40 segundos), os operadores otimizaram tempo durante as coletas e não esperaram todo o intervalo estipulado até o final do processo de fotoativação. Isso não foi necessário, visto que o radiômetro efetuava uma leitura relativamente rápida assim que a ponteira estivesse perfeitamente estável e corretamente adaptada ao aparelho.
- Os fotopolimerizadores que, nos dias de coletas de dados, apresentaram inviabilidade para mensuração dos valores de irradiância por fatores externos, à exemplo, manutenção do equipo odontológico, foram automaticamente removidos da amostra conforme os critérios de exclusão estabelecidos nesta pesquisa. Sendo assim, apesar da amostra ter sido pré-selecionada na primeira fase com o exame macroscópico, ela foi suscetível a decréscimos devido a ocorrência de imprevistos externos.

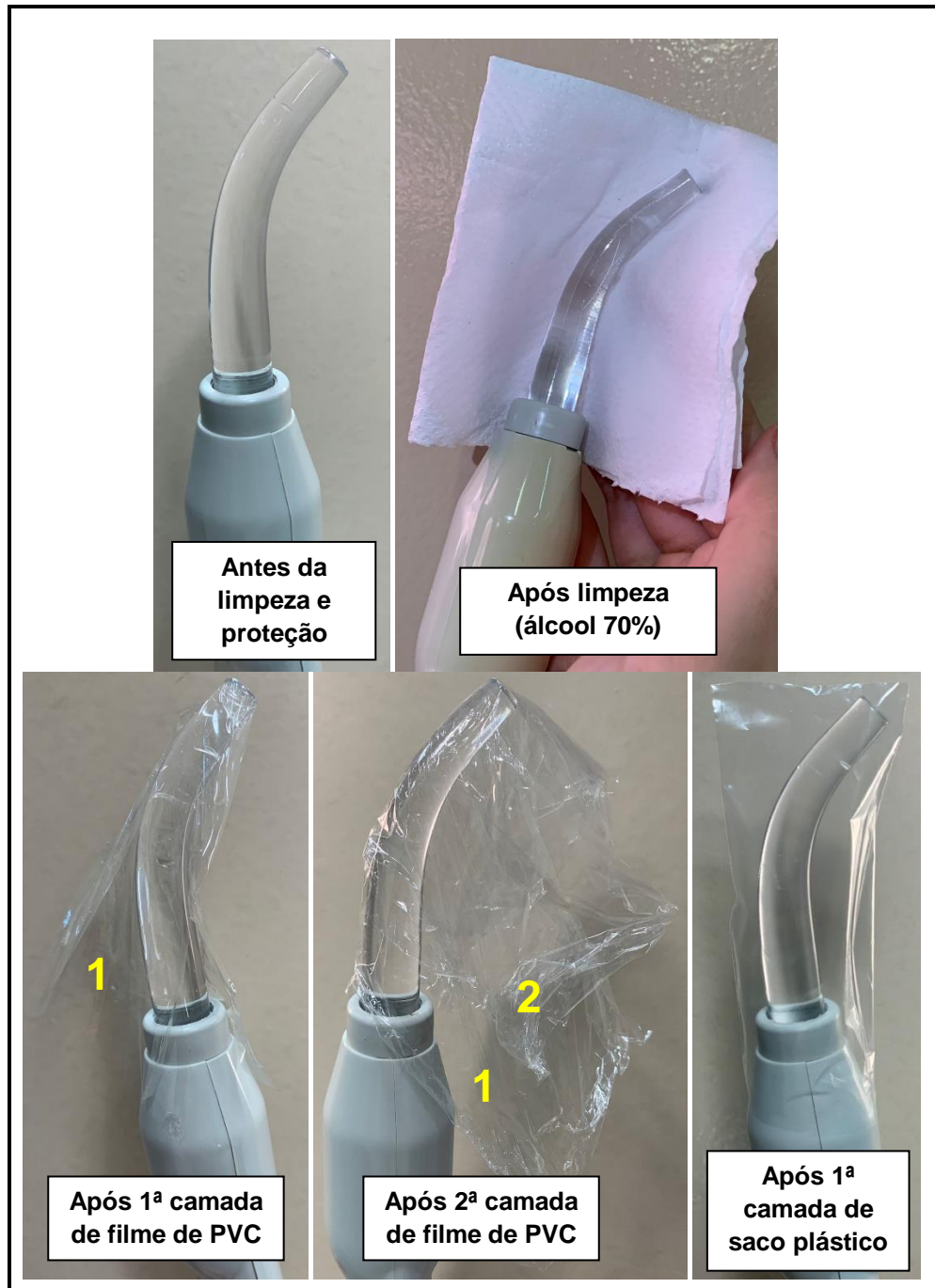
Posto isto, nessa pesquisa, optou-se pela metodologia de submeter os fotopolimerizadores à diferentes circunstâncias clínicas com o intuito de avaliar a existência ou não de mudanças nos valores de irradiância mediante ao uso de um método de desinfecção para a remoção de resíduos de materiais adesivos na ponteira transmissora de luz, bem como perante a aplicação de duas barreiras

físicas de proteção comumente utilizadas pelos estudantes nos atendimentos odontológicos por serem resistentes e impermeáveis, a primeira delas foi o filme de PVC que possui na sua composição o polímero policloreto de vinila e a segunda barreira consistiu em um saco plástico translúcido composto pelo polímero polietileno. Desse modo, cada fotopolimerizador incluído na amostra foi submetido a cinco situações clínicas distintas (figura 19), como segue a respectiva descrição abaixo:

1. Aferição da irradiância sem a limpeza da ponteira condutora de luz com papel toalha embebido de álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis;
2. Aferição da irradiância após a limpeza da ponteira condutora de luz com papel toalha embebido de álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis;
3. Aferição da irradiância após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com uma fina camada de filme de PVC;
4. Aferição da irradiância após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com duas camadas de filme de PVC;
5. Aferição da irradiância após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de saco plástico translúcido.



**Figura 19** – Fotografia ilustrativa das cinco situações clínicas envolvendo a desinfecção e proteção com barreiras físicas que as ponteiros dos aparelhos foram submetidas na pesquisa para medição da irradiância com o radiômetro.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Para cada uma dessas condições clínicas citadas foram realizadas seis medições de irradiância divididas entre os dois avaliadores, ou seja, cada um deles efetuou três medições, sendo a primeira delas selecionando no *display* do aparelho um tempo de foativação de 20 segundos e as outras duas restantes pelo dobro do

tempo da primeira, isto é, 40 segundos. Esses tempos foram pré-definidos tendo em vista que eles são, habitualmente, os mais empregados pelos profissionais para fotoativação de materiais odontológicos, porém, como já elucidado, a irradiância era registrada assim que ocorria a estabilização da ponteira e a parte fotossensível do radiômetro efetuava a leitura.

Sendo assim, levando em consideração que foram estabelecidas cinco situações distintas e seis leituras com o radiômetro eram destinadas para cada uma delas, ao todo, cada fotopolimerizador da amostra foi submetido a trinta aferições de irradiância divididas entre os dois operadores devidamente calibrados.

Os resultados das mensurações foram registrados em fichas próprias para cada grupo da amostra e para cada uma das cinco situações clínicas já abordadas. Posteriormente, os valores de irradiância foram transcritos para uma base de dados informatizada (*Microsoft Excel, Microsoft Corporation*<sup>®</sup>, EUA) em formato de planilhas. Nas planilhas das três clínicas de atendimento, especificamente, a primeira coluna apresentava a numeração dos equipos odontológicos nos quais os fotopolimerizadores incluídos na amostra estavam localizados e outras seis colunas eram correspondentes às seis leituras de irradiância, sendo as três primeiras delas efetuadas e registradas numericamente nos espaços disponíveis pelo primeiro avaliador e as três leituras restantes pelo segundo avaliador. Por outro lado, a planilha destinada a pré-clínica apresentava como única divergência que a primeira coluna é composta pela numeração de patrimônio fixada à superfície de cada aparelho fotopolimerizador para sua devida identificação, já as demais colunas seguiam o mesmo modelo das outras planilhas para o registro numérico das seis leituras de irradiância pelos dois avaliadores.

Em sequência, através da adaptação de um protocolo proposto por Marson, Mattos e Sensi (2010), a partir dos valores coletados das seis mensurações de irradiância de situações clínicas distintas, foi calculada a média aritmética resultante de cada fotopolimerizador incluso na amostra. Todos os resultados obtidos foram registrados em fichas próprias de médias em formato de planilhas do *Excel* para cada grupo da amostra (APÊNDICE B), nas quais consta, na primeira coluna, a numeração sequencial de acordo com o equipo para identificação dos fotopolimerizadores e nas outras colunas presentes se tem a descrição das cinco situações clínicas estabelecidas nessa pesquisa e os devidos locais disponíveis para o lançamento das médias aritméticas totalizadas em mW/cm<sup>2</sup>.

Nesse sentido, essas planilhas com os valores das médias aritméticas foram elaboradas separadamente com o propósito de facilitar a transferência dos dados coletados para o programa estatístico utilizado para realizar os cruzamentos e traçar os resultados da pesquisa, como também objetivou-se comparar essas médias resultantes com o valor mínimo de irradiância aceitável nessa pesquisa: 400mW/cm<sup>2</sup>.

Levando em consideração que o valor de irradiância de 400mW/cm<sup>2</sup> foi o mais frequentemente citado e preconizado por variados autores da literatura para determinar uma polimerização satisfatória de materiais resinosos pelas unidades fotoativadoras (ALSHAAFI et al., 2016; BARATIERI et al., 2010; CALDARELLI et al., 2011; CRAIG, POWERS, SAKAGUCHI, 2012; GONÇALVES et al., 2013; REIS, LOGUERCIO, 2007; RÚBIO et al., 2021; SHIMOKAWA et al., 2016; SOUZA-JUNIOR et al., 2021; TORRES et al., 2013), é válido esclarecer que com base nisso, optou-se por adotá-lo como valor de referência para esta pesquisa.

Por fim, destaca-se que houve a separação dos dados obtidos entre os quatro grupos da amostra durante a coleta com a finalidade de comparar os valores de irradiância entre os fotopolimerizadores das três clínicas de atendimento e da pré-clínica do curso de Odontologia da UEPB – Campus VIII para verificar qual delas obteve mais aparelhos adequados para o uso conforme o valor de referência estabelecido nesta pesquisa (400mW/cm<sup>2</sup>) e com base nisso, avaliar, em um momento posterior, quais unidades fotoativadoras apresentaram valores abaixo do preconizado na literatura para uma polimerização satisfatória dos compósitos resinosos e que portanto, necessitariam de um tempo compensatório de fotoativação.

#### **4.7 Análise estatística**

Para resumo e análise dos dados foi utilizado o programa estatístico *Statistical Package for Social Sciences (SPSS® Inc., Chicago, USA)* versão 22.0. O teste de análise de variância (ANOVA) de uma de uma via (fator métodos de proteção) com o teste post-hoc de Tukey com nível de significância fixado em 5% foi utilizado para realizar uma comparação dos fotopolimerizadores de cada clínica (1,2 e 3) e da pré-clínica em relação aos métodos de proteção do aparelho. Todavia, em virtude dos dados apresentaram uma grande variabilidade com desvio-padrão alto e

presença de *outliers*, fez-se necessário, através de uma aleatorização dos fotopolimerizadores, a seleção de apenas 10 deles para compor a amostra (n=10) a fim de alcançar uma homogeneidade de dados para iniciar os testes paramétricos. Sendo assim, para realizar uma comparação dos fotopolimerizadores das clínicas da UEPB, desconsiderando a clínica avaliada, adicionalmente, o teste ANOVA de uma via com o teste post-hoc de LSD (*least significant difference*) foi realizado considerando estatisticamente significativos os valores de  $p < 0,05$ .

#### **4.8 Considerações éticas**

De acordo com a resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde, este trabalho não necessitou da aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UEPB, uma vez que a pesquisa não envolveu a população humana como objeto de estudo e sim, equipamentos odontológicos. Apesar disso, a coordenação do curso de Odontologia da UEPB Campus VIII – Araruna foi comunicada acerca da intenção de realizar a pesquisa, sendo esta iniciada somente após o consentimento do coordenador em função.

Ainda é válido ressaltar que a pesquisa foi realizada no final do ano de 2021 em um período de retorno das atividades práticas para os acadêmicos de odontologia após a redução das taxas de infecção por COVID-19 (SARS-Cov-2) e maior controle do cenário pandêmico em decorrência da campanha de vacinação da população brasileira. Contudo, tendo em vista que a pandemia ainda é uma realidade vigente e que toda pesquisa com participação de seres humanos envolve riscos, salienta-se que os dois avaliadores participantes eram devidamente vacinados e seguiram rigorosamente os protocolos de biossegurança: uso de equipamento de proteção individual (EPI) contendo pijama cirúrgico, luvas de procedimento, máscara e gorro descartáveis. Além disso, a coleta de dados foi realizada em horários vagos ausentes do fluxo de estudantes, pacientes ou funcionários nos ambientes clínicos. Assim sendo, todas essas medidas foram adotadas durante a execução da pesquisa com o intuito de evitar aglomerações e prevenir o risco de infecção pelo vírus.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Análise descritiva – Inspeção macroscópica

Após a primeira fase da coleta de dados que se caracterizou pela inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores das três clínicas de atendimento e da pré-clínica para identificação de danos físicos estruturais e seleção da amostra, as informações registradas pelos avaliadores nessa etapa foram submetidas a uma análise descritiva para o levantamento dos resultados.

Dessa forma, de acordo com os dados registrados nas fichas próprias de avaliação macroscópica (APÊNDICE A) durante o período da coleta de dados que ocorreu nos meses agosto e outubro do ano de 2021, os resultados obtidos de cada clínica são descritos nos quadros 1, 2, 3 e 4 abaixo:

**Quadro 1** – Resultados da inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores presentes na clínica 1.

<b>Inspeção macroscópica – Clínica 1 (14 fotopolimerizadores)</b>	<b>Quantidade de fotopolimerizadores</b>
Presença de desgaste no revestimento externo dos botões do painel de controle	5
Presença de pequena deterioração no cabo isolante do fio acoplável ao aparelho	1
Ausência de viseira protetora	14
Ausência de funcionamento do aparelho	3
Indisponibilidade para mensuração da irradiância devido o equipo odontológico estar em manutenção no período da coleta de dados	2
Apresentação de um bom estado de conservação externa	8
<b>Aparelhos da clínica 1 incluídos na amostra</b>	<b>9</b>
<b>Aparelhos da clínica 1 excluídos da amostra</b>	<b>5</b>

**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

Ao total, 44 fotopolimerizadores (100%) foram submetidos ao exame macroscópico e dos 14 fotopolimerizadores avaliados (31,82%) da clínica 1, especificamente, 9 aparelhos (20,5%) foram incluídos na pesquisa e os 5 restantes (11,32%) foram excluídos da amostra, sendo 3 deles (6,8%) descartados automaticamente por ausência de funcionamento mesmo com o equipo odontológico

ativado e os outros 2 aparelhos (4,52%) foram excluídos em virtude dos equipamentos odontológicos nos quais se localizavam estarem em manutenção no período da coleta de dados da pesquisa. Ademais, todos os aparelhos da clínica 1 (n=14) apresentavam ausência de viseira protetora.

**Quadro 2** – Resultados da inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores presentes na clínica 2.

<b>Inspeção macroscópica – Clínica 2 (11 fotopolimerizadores)</b>	<b>Quantidade de fotopolimerizadores</b>
Presença de desgaste no revestimento externo dos botões do painel de controle	6
Ausência de viseira protetora	8
Ausência de funcionamento do aparelho	1
Indisponibilidade para mensuração da irradiância devido o equipamento odontológico estar em manutenção no período da coleta de dados	3
Apresentação de um bom estado de conservação externa	5
Equipo odontológico desprovido de aparelho fotopolimerizador	2
<b>Aparelhos da clínica 2 incluídos na amostra</b>	<b>7</b>
<b>Aparelhos da clínica 2 excluídos da amostra</b>	<b>4</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Nessa mesma perspectiva, sendo 44 fotopolimerizadores (100%) submetidos ao exame macroscópico, dos 11 aparelhos (25%) presentes na clínica 2 avaliados, 7 (15,9%) foram incluídos na pesquisa enquanto os 4 restantes (9,1%) foram excluídos da amostra, sendo 1 deles (2,28%) descartado automaticamente por ausência de funcionamento mesmo com o equipamento odontológico ativado e os outros 3 aparelhos (6,82%) foram excluídos em virtude dos equipamentos odontológicos nos quais se localizavam estarem em manutenção no período da coleta de dados da pesquisa. Ademais, 72,72% (n=8) apresentavam ausência de viseira protetora.

**Quadro 3** – Resultados da inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores presentes na clínica 3.

<b>Inspeção macroscópica – Clínica 3 (15 fotopolimerizadores)</b>	<b>Quantidade de fotopolimerizadores</b>
Presença de desgaste no revestimento externo dos botões do painel de controle	7
Presença de pequena deterioração no cabo isolante do fio	1

acoplável ao aparelho e de desgaste no revestimento externo dos botões do painel de controle	
Presença de pequena ruptura na estrutura plástica de revestimento externo do aparelho e de desgaste no revestimento externo dos botões do painel de controle	1
Presença de rachadura na viseira protetora	1
Ausência de viseira protetora	9
Indisponibilidade para mensuração da irradiância devido o equipo odontológico estar em manutenção no período da coleta de dados	1
Apresentação de um bom estado de conservação externa	5
Equipo odontológico desprovido de aparelho fotopolimerizador	1
<b>Aparelhos da clínica 3 incluídos na amostra</b>	<b>14</b>
<b>Aparelhos da clínica 3 excluídos da amostra</b>	<b>1</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Por outro lado, sendo um total de 44 fotopolimerizadores (100%) examinados, dos 15 aparelhos (34,09%) da clínica 3, 14 deles (31,8%) atenderam aos critérios de inclusão da amostra, sendo apenas 1 fotopolimerizador (2,29%) excluído em virtude do equipo odontológico no qual se localizava estar em manutenção no período da coleta de dados da pesquisa. Ademais, 60% (n=9) apresentavam ausência de viseira protetora.

**Quadro 4** – Resultados da inspeção macroscópica dos fotopolimerizadores presentes na pré-clínica.

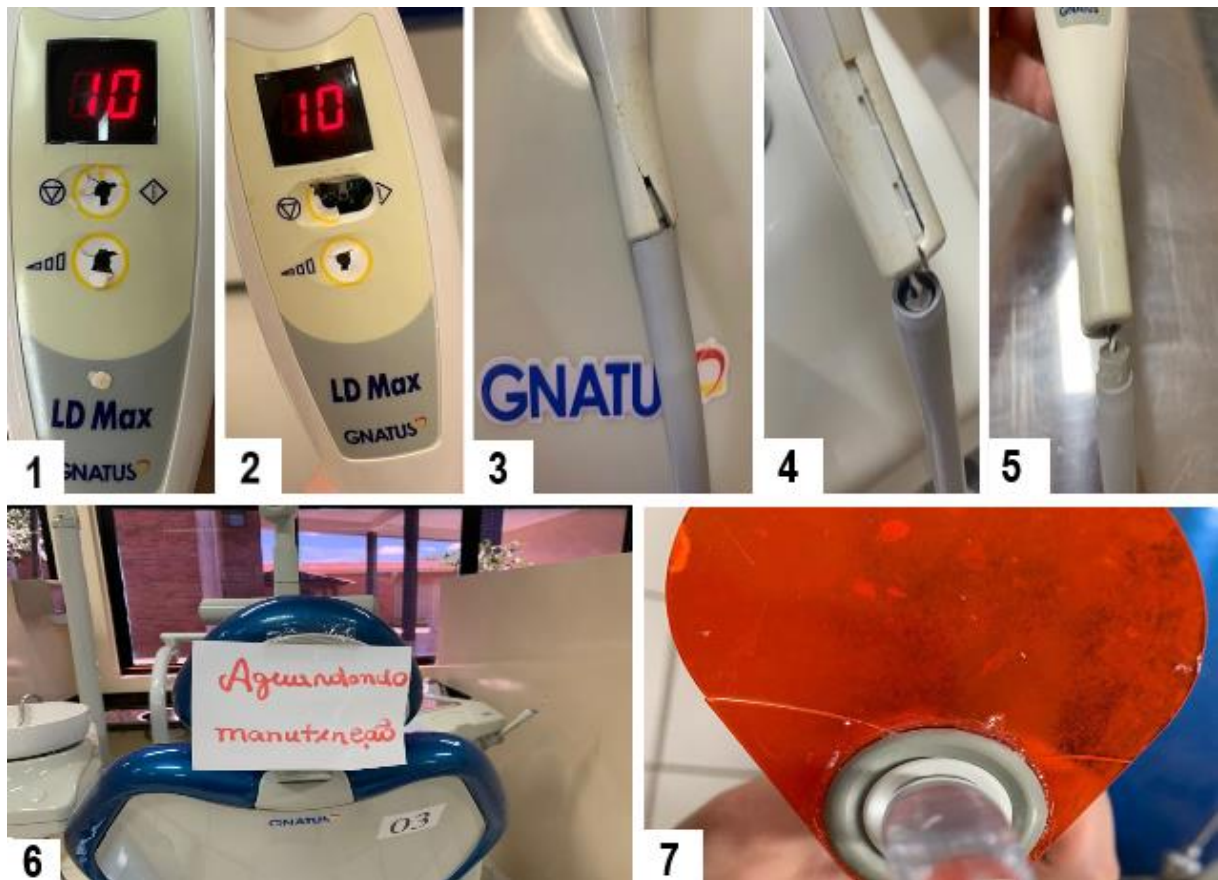
<b>Inspeção macroscópica – Pré-clínica (4 fotopolimerizadores)</b>	<b>Quantidade de fotopolimerizadores</b>
Apresentação de um ótimo estado de conservação externa	4
Ausência de viseira protetora	0
<b>Aparelhos da pré-clínica incluídos na amostra</b>	<b>4</b>
<b>Aparelhos da pré-clínica excluídos da amostra</b>	<b>0</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Por fim, do total de 44 fotopolimerizadores (100%) examinados, os 4 aparelhos (9,09%) presentes na pré-clínica foram incluídos na pesquisa por atenderem aos critérios de inclusão pré-estabelecidos, não sendo, portanto, nenhum aparelho, desse grupo, excluído da amostra. Todos apresentavam viseira protetora.

Para uma maior elucidação, a sequência ilustrativa na figura 20 mostra os danos físicos estruturais encontrados nas unidades de fotoativação presentes nas clínicas durante a inspeção macroscópica dessa pesquisa.

**Figura 20** – Fotografias dos danos físicos dos fotopolimerizadores. (1 e 2) Desgaste do revestimento externo dos botões do painel de controle do aparelho; (3) Pequena ruptura na estrutura plástica de revestimento externo do aparelho; (4 e 5) Deterioração no cabo isolante do fio acoplável ao aparelho; (6) Equipo odontológico em manutenção, impossibilitando o funcionamento do fotopolimerizador; (7) Rachadura na viseira protetora do fotopolimerizador

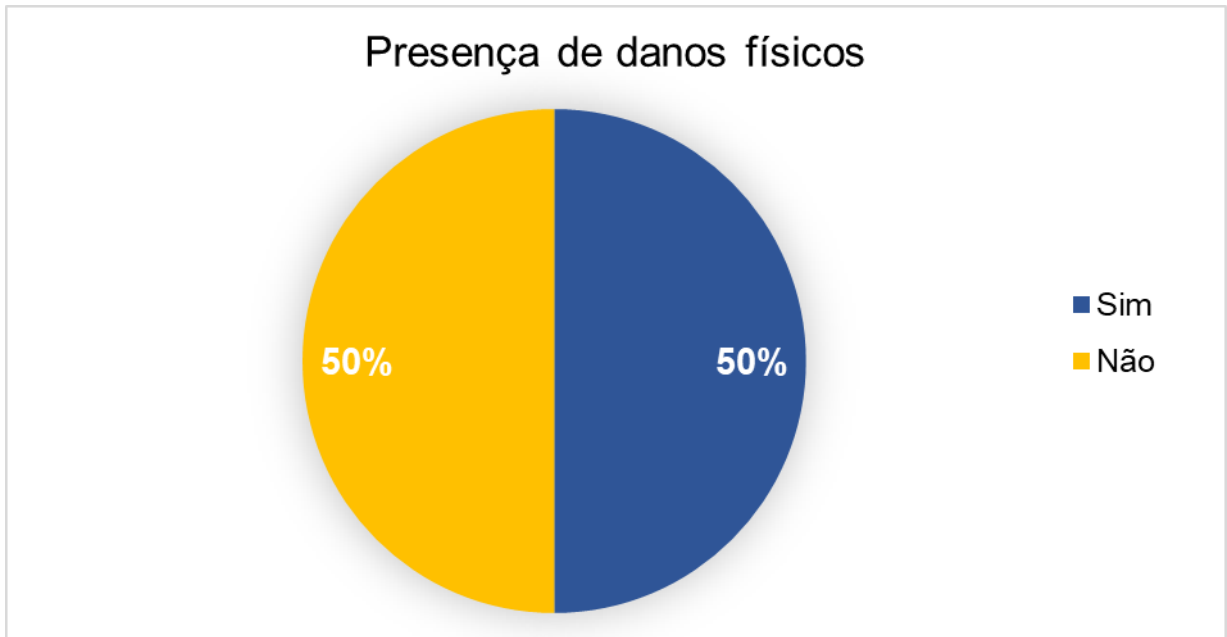


Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Ao total, 44 fotopolimerizadores (100%) foram avaliados macroscopicamente e em relação ao estado de conservação externa, observou-se a existência de danos físicos estruturais em 50% das unidades analisadas (gráfico 1), ou seja, metade dos aparelhos examinados (22 fotopolimerizadores) apresentaram algum tipo de avaria.



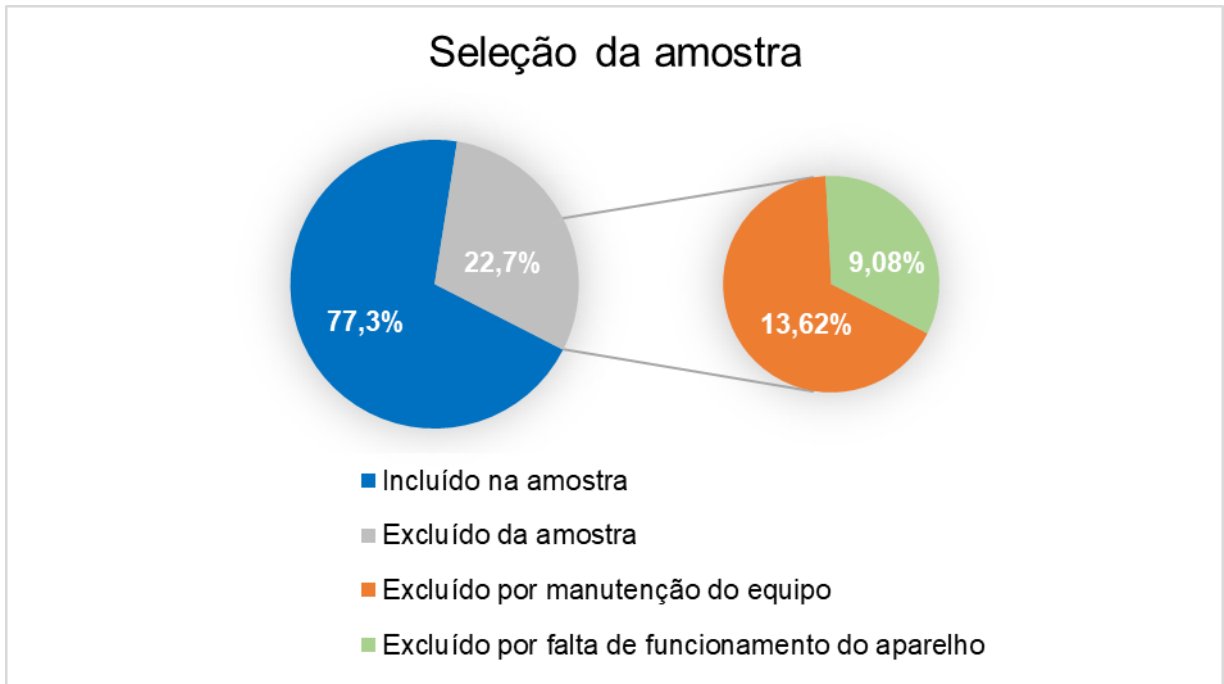
**Gráfico 1** – Gráfico percentual de danos físicos na totalidade dos aparelhos fotopolimerizadores distribuídos nas quatro clínicas odontológicas da UEPB – Campus VIII.



**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

Com base nos critérios de seleção da amostra pré-estabelecidos nesta pesquisa, dos 44 fotopolimerizadores avaliados (100%), 10 aparelhos (22,7%) foram excluídos da amostra e os 34 restantes (77,3%) foram incluídos para a etapa de aferição da irradiância (gráfico 2). Dos 10 fotopolimerizadores excluídos (22,7%), 6 deles (13,62%) foram automaticamente descartados da amostra devido ao critério do equipo odontológico no qual se encontravam estarem em manutenção durante os meses da coleta de dados e os 4 restantes (9,08%) foram excluídos em decorrência de não apresentarem funcionamento mesmo com o seu equipo odontológico ativado (gráfico 2).

**Gráfico 2** – Gráfico percentual da seleção da amostra após o levantamento dos resultados da inspeção macroscópica dos 44 fotopolimerizadores examinados.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

## 5.2 Análise estatística – Avaliação dos valores de irradiância

Os valores de irradiância obtidos na segunda fase da coleta de dados foram devidamente registrados em uma base de dados informatizada (*Microsoft Excel, Microsoft Corporation*<sup>®</sup>, EUA) e posteriormente, submetidos a uma análise estatística com o recurso de um *software* (SPSS<sup>®</sup> Inc., Chicago, USA) para o levantamento dos resultados. Na amostra total, 34 aparelhos fotopolimerizadores com tecnologia à base de LED foram avaliados pelo teste de aferição da irradiância com o radiômetro odontológico.

Para a análise estatística e obtenção dos resultados, inicialmente, realizou-se uma comparação dos fotopolimerizadores de cada clínica (1,2 e 3) e da pré-clínica em relação aos métodos de proteção do aparelho. Para isso, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) de uma via (fator métodos de proteção) com o teste post-hoc de Tukey e empregou-se um grau de significância de  $\alpha=0,05$ . Posto isso, a média e desvio-padrão dos valores de irradiância em  $\text{mW}/\text{cm}^2$  são apresentados na tabela 4.

**Tabela 4** – Média e desvio-padrão dos valores de irradiância (mW/cm<sup>2</sup>) das clínicas 1,2,3 e da pré-clínica diante de diferentes métodos de proteção.

	Antes da limpeza e proteção	Após limpeza (álcool 70%)	1ª camada de filme PVC	2ª camada de filme PVC	1ª camada saco plástico	Valor-p
<b>Clínica 1 (n=9)</b>	396,74 (243,5) a	511,46 (215,7) a	414,80 (234,0) a	420,19 (239,9) a	430,68 (237,68) a	> 0,05
<b>Clínica 2 (n=7)</b>	554,95 (196,2) a	648,05 (156,1) a	588,79 (157,8) a	588,07 (147,9) a	610,41 (163,4) a	> 0,05
<b>Clínica 3 (n=14)</b>	453,86 (208,0) a	489,26 (203,7) a	430,83 (221,5) a	423,24 (220,4) a	448,80 (230,7) a	> 0,05
<b>Pré-clínica (n=4)</b>	1.107,06 (39,4) a	1.103,83 (35,6) a	1.078,00 (28,1) a	1.064,38 (32,7) a	1.075,88 (38,3) a	> 0,05

Análise estatística: ANOVA de uma via com post-hoc de Tukey.

Observação: letras minúsculas iguais representam ausência de diferença estatística.

**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

Observa-se, na tabela 4 acima, que os valores da amostra representados pela letra minúscula “n” para as clínicas 1,2,3 e para a pré-clínica foram de respectivamente: n=9, n=7, n=14 e n=4, totalizando uma amostra de 34 fotopolimerizadores. A análise estatística foi realizada para cada grupo das cinco situações clínicas que os aparelhos foram submetidos: sem a limpeza da ponteira condutora de luz com álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis; após a limpeza da ponteira condutora de luz com álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis; após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de filme de PVC; após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com duas camadas de filme de PVC e após a limpeza com álcool 70% proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de saco plástico translúcido.

Para cada um desses cinco métodos, notou-se que não houve diferença estatística significativa representada pela letra minúscula “a” que aparece predominantemente ao lado de todos os valores da tabela.

De acordo com a análise estatística realizada, verificou-se que os valores de desvio-padrão estavam bastante altos, dificultando, conseqüentemente, a detecção de qualquer diferença estatística, assim como os valores de médias foram próximos. Portanto, como resultado, nenhum método diferiu do outro em relação aos fotopolimerizadores de cada clínica ( $p > 0,05$ ).

Como alternativa diante da dificuldade inicial de detectar diferença estatística devido à alta variação dos valores de desvio-padrão, os dados da pré-clínica foram removidos por caracterizarem um viés de pesquisa, visto que, conforme mostrado na

tabela 4, os valores médios de irradiância eram superiores e discrepantes em relação às outras três clínicas já que as unidades de fotoativação da pré-clínica eram mais modernas e possuíam um baixo tempo de vida clínica, podendo mascarar os resultados reais. Com isso, foi realizada uma comparação dos fotopolimerizadores das clínicas da UEPB – Araruna, desconsiderando a clínica avaliada a fim de facilitar a identificação de possíveis diferenças estatísticas.

Com a remoção dos dados da pré-clínica e agrupando todos os dados das clínicas, a amostra foi reduzida para 30 fotopolimerizadores. Todavia, tais dados apresentaram uma grande variabilidade, ou seja, um desvio-padrão extremamente alto e a presença de *outliers* (dados que se diferenciam drasticamente de todos os outros). Dessa forma, testes paramétricos não seriam possíveis de serem realizados. Diante dessa limitação, foi realizada uma aleatorização entre esses 30 aparelhos e apenas 10 deles foram selecionados, obtendo-se uma amostra final representada pela letra minúscula “n” de 10 fotopolimerizadores (n=10). Com isso, foi possível alcançar uma homogeneidade de dados, indicando-se os testes paramétricos.

Dessa forma, para a análise estatística e obtenção dos resultados, realizou-se uma comparação dos fotopolimerizadores das clínicas da UEPB, desconsiderando a clínica avaliada. Para isso, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) de uma via com o teste post-hoc de LSD (*least significant difference*). Posto isso, a média e desvio-padrão dos valores de irradiância em mW/cm<sup>2</sup> obtidos com a realização dessa estatística comparativa são apresentados na tabela 5.

**Tabela 5** – Média e desvio-padrão dos valores de irradiância (mW/cm<sup>2</sup>) das clínicas da UEPB diante de diferentes métodos de proteção.

	Antes da limpeza e proteção	Após limpeza (álcool 70%)	1ª camada de filme PVC	2ª camada de filme PVC	1ª camada saco plástico	Valor-p
<b>Clínicas UEPB</b>	566,03 (99,9) ab	627,53 (39,3) a	544,25 (54,0) b	541,07 (106,7) b	565,57 (102,2) ab	< 0,02

Análise estatística: ANOVA de uma via com post-hoc de LSD.  
Observação: letras minúsculas iguais representam ausência de diferença estatística.

**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

Observa-se, na tabela 5 acima, que a análise estatística foi realizada para cada grupo das cinco situações clínicas que os aparelhos foram submetidos: sem a limpeza da ponteira condutora de luz com álcool 70% e sem a proteção com

barreiras descartáveis; após a limpeza da ponteira condutora de luz com álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis; após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de filme de PVC; após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com duas camadas de filme de PVC e após a limpeza com álcool 70% proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de saco plástico translúcido. As letras minúsculas que aparecem iguais, representadas por “a” e “b” na tabela representam a ausência de diferença estatística.

Como resultado, constatou-se que o grupo “após limpeza (álcool 70%)” apresentou o maior valor da média de irradiância, sendo diferente estatisticamente em relação aos grupos “1ª camada de PVC” e “2ª camada de PVC” ( $p < 0,02$ ). Já os demais grupos não diferiram em relação a todos os grupos avaliados. Portanto, nota-se que na tabela 5, a letra minúscula “a” aparece no grupo “após limpeza (álcool 70%)” e a letra “b” nos grupos “1ª camada de PVC” e “2ª camada de PVC”, indicando, por serem letras diferentes, a presença de diferenças estatísticas entre o primeiro grupo citado e os dois últimos. Por outro lado, os demais grupos “antes da limpeza” e “1ª camada saco plástico” possuem letras iguais “ab” entre os outros grupos, apontando ausência de diferença estatística entre eles.

É válido ressaltar que em virtude da proximidade dos valores de média entre os grupos, ao executar testes estatísticos conservadores ou tradicionais, como Tukey e Bonferroni, não foram observadas diferenças estatísticas. Contudo, ao empregar o teste post-hoc de LSD (*least significant difference*), um teste menos conservador e mais sensível, foi possível detectar diferença significativa, conforme demonstrado na tabela 5.

### **5.3 Análise descritiva – Avaliação dos valores de irradiância**

Os quadros 5, 6 e 7 mostram a relação sequencial dos fotopolimerizadores presentes nas clínicas, 1, 2 e 3, respectivamente, e os valores das médias de irradiância expressos por eles perante às cinco circunstâncias de proteção e desinfecção das ponteiras.

**Quadro 5** – Média dos valores de irradiância (mW/cm<sup>2</sup>) dos fotopolimerizadores da clínica 1 diante das cinco situações clínicas que foram submetidos na pesquisa. Nota-se que os aparelhos destacados em vermelho (4/8/9/11) apresentaram valores médios de irradiância abaixo do valor de referência preconizado de 400mW/cm<sup>2</sup>.

<b>Numeração dos fotopolimerizadores (CLÍNICA 1)</b>	<b>Após limpeza (álcool 70%)</b>	<b>Antes da limpeza</b>	<b>1ª camada de filme PVC</b>	<b>2ª camada de filme PVC</b>	<b>1ª camada saco plástico</b>
<b>4</b>	314,67	289	259,33	267,5	289,33
<b>6</b>	585,33	494,5	500,83	504,17	486,5
<b>7</b>	687,83	649,67	651,67	671,33	698,83
<b>8</b>	584,67	388,83	272,83	281,5	329,17
<b>9</b>	116,33	33,67	103,33	105	104,67
<b>10</b>	775,67	682,17	719	735,5	745,33
<b>11</b>	305,67	17,17	102,67	91,17	102,33
<b>13</b>	590,83	449	557,67	555,17	553,17
<b>14</b>	642,17	566,67	565,83	570,33	566,83

**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

**Quadro 6** – Média dos valores de irradiância (mW/cm<sup>2</sup>) dos fotopolimerizadores da clínica 2 diante das cinco situações clínicas que foram submetidos na pesquisa. Nota-se que o aparelho destacado em vermelho (4) apresentou um valor médio de irradiância abaixo do valor de referência preconizado de 400mW/cm<sup>2</sup>.

<b>Numeração dos fotopolimerizadores (CLÍNICA 2)</b>	<b>Após limpeza (álcool 70%)</b>	<b>Antes da limpeza</b>	<b>1ª camada de filme PVC</b>	<b>2ª camada de filme PVC</b>	<b>1ª camada saco plástico</b>
<b>1</b>	683	701,33	563,83	538,17	583
<b>4</b>	314,67	357,67	269,67	297,83	277,17
<b>5</b>	746	728,83	720,83	715,83	719,5
<b>7</b>	744,33	690,33	706,67	712,67	733,17
<b>9</b>	604,17	542,5	541,17	555,17	550,5
<b>10</b>	690	646	619	602	708
<b>13</b>	754,17	218	700,33	694,83	701,5

**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

**Quadro 7** – Média dos valores de irradiância ( $mW/cm^2$ ) dos fotopolimerizadores da clínica 3 diante das cinco situações clínicas que foram submetidos na pesquisa. Nota-se que os aparelhos destacados em vermelho (1/3/4/5/6/7) apresentaram valores médios de irradiância abaixo do valor de referência preconizado de  $400mW/cm^2$ .

Numeração dos fotopolimerizadores (CLÍNICA 3)	Após limpeza (álcool 70%)	Antes da limpeza	1ª camada de filme PVC	2ª camada de filme PVC	1ª camada saco plástico
1	468,33	430,33	388,17	394,83	404,5
2	723,5	692,17	689,5	688,33	706,5
3	153,67	116,5	0	0	18,5
4	222,67	232,17	155,5	145,83	165
5	199,33	129,5	186,67	172,83	190,33
6	318,17	309,67	208,17	227,33	209,17
7	447,33	383,33	408,5	386,83	417
8	497,33	467,83	447,5	440,33	458,83
9	605,83	571,17	573,67	495	618,5
11	632,5	657,67	588,33	597,33	611,5
12	454,83	349,5	434,83	418,83	420,83
13	705,17	661,33	601,83	593,33	658,33
15	659	639	626,67	642,5	657,7
16	762	713,83	722,33	722	746,5

**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

Com base nos dados apresentados nos quadros 5, 6 e 7, foi possível inferir que do total de 34 fotopolimerizadores (100%) avaliados, 23 aparelhos (67,65%) apresentaram valores de média de irradiância acima do preconizado nessa pesquisa de  $400mW/cm^2$  e os 11 restantes (32,35%) apresentaram valores médios de irradiância abaixo do estabelecido como mínimo necessário para garantir uma polimerização satisfatória dos materiais resinosos ( $400mW/cm^2$ ). Desses 11 fotopolimerizadores (32,35%) que desempenharam leituras de irradiância deficientes para o processo de fotopolimerização, 4 deles (11,76%) eram da clínica 1, 1 aparelho (2,94%) era da clínica 2 e 6 unidades (17,65%) eram da clínica 3. No que se refere aos fotopolimerizadores da pré-clínica, todos as mensurações realizadas ultrapassaram o valor de irradiância de  $1000mW/cm^2$ .

## 6 DISCUSSÃO

Partindo da compreensão da cinética da fotopolimerização, Barata et al. (2021) afirmam que as fontes de luz são capazes de influenciar diretamente seja positiva ou negativamente na emissão de energia luminosa. Com base nessa argumentação, a existência de trincas, fraturas e resíduos de materiais dentários fotopolimerizáveis na ponteira condutora de luz são aspectos desfavoráveis ao processo de fotopolimerização. Diante disso, as fontes de luz demandam de manutenção e monitoramento periódico para promoverem a fotopolimerização apropriada.

Posto isso, nessa pesquisa foi empregada uma metodologia adaptada de um estudo realizado por Barata et al. (2021), no qual, inicialmente, para determinar o estado de conservação dos fotopolimerizadores, analisou-se a presença de trincas, fraturas e/ou resíduos de materiais adesivos na ponteira transmissora de luz, além de danos físicos aos equipamentos.

Após a inspeção macroscópica realizada nessa pesquisa para determinar o estado de conservação externa e a presença de possíveis danos físicos, constatou-se que dos 44 fotopolimerizadores presentes nas três clínicas e na pré-clínica, 22 aparelhos apresentaram algum tipo de avaria. Contudo, é válido destacar que apesar de danos físicos serem encontrados em metade das unidades fotoativadoras analisadas, eles não influenciaram diretamente no seu funcionamento operacional e na emissão de luz, o que pode ser explicado por tais danos serem caracterizados como leves e que por isso não atingiram componentes do circuito interno dos fotoativadores, não havendo, portanto, diminuição do desempenho desses aparelhos em decorrência das avarias encontradas.

Nos 4 fotopolimerizadores presentes na pré-clínica, não foi observado nenhum tipo de avaria, todos eles apresentaram um ótimo estado de conservação externa. Isso se justifica, sobretudo, pelo baixo tempo de vida clínica dos aparelhos em comparação aos das clínicas de atendimento, visto que eles só começaram a ser utilizados no mês de agosto de 2021, durante o retorno das atividades práticas laboratoriais após um maior controle dos casos de COVID-19.

Nesse âmbito, é possível explicar que mais danos físicos tenham sido encontrados nos fotopolimerizadores das clínicas 1, 2 e 3 em decorrência do maior tempo de vida clínica tendo em vista que os aparelhos foram implementados na



criação do Campus VIII, perfazendo 11 anos, bem como pela frequência de uso, visto que os estudantes, semanalmente, utilizam os aparelhos para realização de procedimentos odontológicos em variados turnos de atendimento, sendo, por consequência, essas unidades fotoativadoras mais propensas ao desgaste. Em contraste, os equipamentos da pré-clínica possuem uma menor periodicidade de uso, pois são utilizados, esporadicamente, em atividades e/ou provas práticas simuladas em dentes artificiais em condições controladas, sendo menos expostos ao manuseio dos alunos e conseqüentemente ao desgaste, justificando, portanto, seus melhores resultados de conservação externa. Esses achados são corroborados pelos autores Scariot, Calza e Casali (2017) os quais defendem que o tempo e a frequência de uso são capazes de influenciar no desempenho dos aparelhos fotopolimerizadores e conseqüentemente, no sucesso das restaurações resinosas.

A inspeção macroscópica revelou que os danos físicos mais encontrados durante a pesquisa foram a presença de desgaste no revestimento externo dos botões do painel de controle dos fotopolimerizadores, das 44 unidades fotoativadoras analisadas, 20 delas apresentaram essa irregularidade. Isso se deve, principalmente, por ser a parte mais frequentemente manuseada pelo operador, visto que é necessário apertar os botões para ativação da luz azul. Além disso, os estudantes, muitas vezes, preocupam-se em revestir com uma barreira impermeável apenas a ponteira guia de luz e desatentam-se em cobrir também o corpo do equipamento para proteção do *display* e dos botões que acabam ficando expostos e sendo manipulados diretamente em contato com as luvas de procedimento do operador que podem estar, eventualmente, com resquícios de materiais dentários adesivos, saliva e/ou outras impurezas biológicas que podem favorecer, a longo prazo, o desgaste do plástico de revestimento dos botões de ativação do aparelho.

Para Rúbio et al. (2021), diante do contexto pandêmico do COVID-19, o manuseio adequado dos dispositivos fotoativadores se faz necessário para amenizar efeitos adversos relacionados à contaminação cruzada. Sendo assim, além das ponteiras, todo o fotopolimerizador e os botões de controle devem ser cobertos. As barreiras translúcidas, por sua vez, configuram-se como um método essencial, eficaz, econômico e de fácil utilização.

Uma reduzida parcela das unidades analisadas, composta por 2 fotopolimerizadores, apresentaram uma pequena deterioração no cabo isolante do fio acoplável ao aparelho. Esse tipo de dano físico pode ser justificado pela limitação

da extensão do fio que fornece energia ao aparelho, isto é, pelo seu pequeno comprimento. Assim o operador pode, em determinadas circunstâncias, puxar e distender o fio para alcançar áreas específicas na cavidade bucal que precisam ser fotoativadas. Ademais, como a bancada de apoio do equipo odontológico no qual o fotopolimerizador está acoplado se localiza do lado direito, em algumas situações clínicas, por exemplo, a fotopolimerização de cavidades classes I e II de dentes posteriores na arcada superior do lado esquerdo, o operador pode encontrar dificuldade para aproximar a ponteira condutora de luz na região adequada, demandando um maior esforço para posicioná-la, o que pode ocasionar o alongamento excessivo do fio, provocando, a longo prazo, sua deterioração.

Além disso, essa limitação de alcance do fio pode ser prejudicial para a entrega luminosa a área a ser fotopolimerizada, podendo acarretar uma polimerização deficiente do material. É válido ressaltar que, como os fotopolimerizadores da pré-clínica são providos de um sistema sem fio (*wireless*), as dificuldades citadas não são aplicadas a esse modelo de aparelho.

Observou-se ainda, que, 2 aparelhos fotopolimerizadores apresentaram outros danos físicos, sendo 1 deles acometido por uma rachadura na viseira protetora acoplada ao aparelho e o outro apresentou uma ruptura na sua estrutura plástica de revestimento externo. Possivelmente, esses comprometimentos podem ter ocorrido devido a quedas ou choques com outras superfícies sólidas acidentalmente cometidas pelos estudantes em momentos de manuseio constante dos aparelhos.

Ainda nessa etapa de inspeção macroscópica, constatou-se que, das 44 unidades de fotoativação analisadas, 10 fotopolimerizadores foram excluídos da amostra para a aferição da irradiância, sendo 6 deles descartados devido ao equipo odontológico no qual se encontravam estarem em manutenção durante o período de coleta de dados e os 4 restantes excluídos por ausência de funcionamento mesmo com o seu equipo odontológico ativado. Levando em consideração que esses 10 aparelhos estavam distribuídos nas clínicas 1, 2 e 3, é possível correlacionar tais achados ao tempo de implementação clínica dos fotopolimerizadores que já dura 11 anos desde a criação do Campus VIII, bem como pela periodicidade de uso que contribui para suscetibilidade ao desgaste natural e perda de rendimento das unidades fotoativadoras.

Em compensação, metade dos fotopolimerizadores analisados nessa pesquisa, isto é, 22 aparelhos apresentaram um bom estado de conservação externa livres de danos físicos. É válido ressaltar que nenhum resquício de material dentário adesivo visível foi encontrado nas ponteiros condutoras de luz. Isso demonstra que os estudantes do Campus VIII, no geral, tem um cuidado maior em relação ao uso de barreiras protetoras durante o processo de fotopolimerização, assegurando a biossegurança durante os procedimentos clínicos. Esse é um resultado positivo em relação a outros estudos publicados na literatura, à exemplo, Gonçalves et al. (2013) observaram que 90% das fontes de luz da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás (FO/UFG) utilizados no atendimento clínico apresentaram um estado de conservação inadequado, com presença de trincas e/ou fraturas, além de resíduos de resina composta e/ou agente adesivo na ponteira guia de luz.

Nesse contexto, a manutenção periódica, incluindo a limpeza adequada da ponteira de luz, é essencial para promover a entrega luminosa na potência apropriada, o que afeta as características finais de polimerização das restaurações de resina composta (NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018).

Embora grande parte dos estudos publicados na literatura avaliem apenas a irradiância emitida pelos fotopolimerizadores com auxílio de um radiômetro, é possível encontrar estudos que analisam o estado de conservação externa dos aparelhos. Nesse sentido, a pesquisa realizada por Nassar, Ajaj e Hasanain (2018) para investigar a eficiência das unidades de fotopolimerização da Faculdade de Odontologia da Universidade King Abdulaziz se utilizou de uma calibração baseada em um escore visual desenvolvido para orientar a pontuação da quantidade de resina ou resíduo adesivo na ponteira do fotopolimerizador. A escala, por sua vez, tinha três valores possíveis: 0 (ponta limpa e sem resíduos), 1 (resíduos mínimos cobrindo menos da metade da superfície da ponta) e 2 (resíduos cobrindo mais da metade da superfície da ponta). Como resultado, das 166 unidades fotopolimerizadoras avaliadas, apenas 23,5% delas apresentavam ponteiros limpas e mais de 75% tinham resíduos cobrindo pelo menos algumas partes das ponteiros fotoativadoras, sendo metade dos aparelhos alocados em clínicas de graduação. Os autores desse estudo sugerem que a presença de resíduos em metade da área superficial da ponteira ou mais pode afetar a intensidade luminosa.

Corroborando os achados acima, um estudo de Barghi, Fischer e Pham (2007) constataram a presença de 75,8% de resíduos nas pontas transmissoras de luz, porém estritamente em consultórios particulares. Por outro lado, um estudo similar demonstrou que 52,9% das ponteiras transmissoras das fontes de luz de Instituição de Ensino, Centro de Saúde Odontológico Público e consultórios particulares existentes na cidade de Sivas -Turquia apresentavam resíduos (EREN, TUTKAN, 2019).

Retomando a discussão para o âmbito acadêmico, em um estudo realizado por Beltrani et al. (2012) na Universidade Estadual de Londrina (UEL) foi observado que quanto ao estado de conservação das ponteiras transmissoras de luz, 16,7% apresentavam algum tipo de fratura, 83,3% não eram capazes de transmitir luz e 91,7% apresentavam detritos.

Os resultados dos estudos publicados na literatura apontam que, frequentemente, a limpeza e uso de barreiras impermeáveis nas ponteiras são negligenciados pela classe odontológica. Em contraste, no que diz respeito a presença de resíduos nas pontas transmissoras de luz dos fotopolimerizadores, a pesquisa realizada difere demasiadamente dos resultados encontrados por outros autores que avaliaram esse mesmo critério, visto que dos 44 fotopolimerizadores submetidos a análise macroscópica, constatou-se que nenhum deles possuía resquícios de materiais dentários adesivos visíveis na sua superfície. Possivelmente, isso pode ser fundamentado pelo uso constante de barreiras físicas de proteção nas ponteiras dos aparelhos por parte dos estudantes de graduação do Campus VIII, bem como pelas medidas de desinfecção adotadas pela equipe de funcionários responsável pela limpeza dos equipos odontológicos ao final dos turnos de atendimentos das clínicas.

Outro dado relevante coletado durante a análise macroscópica da pesquisa se refere a ausência da viseira protetora acoplada ao próprio fotopolimerizador. Nessa pesquisa, observou-se que das 44 unidades fotoativadoras analisadas, 31 delas eram desprovidas de viseira protetora. Sendo assim, apenas 13 fotopolimerizadores possuíam esse aparato de proteção, sendo 4 deles da pré-clínica que, por serem aparelhos relativamente seminovos, eram todos providos de viseira. Logo, apenas 9 fotopolimerizadores, distribuídos, mais especificamente, nas clínicas 2 e 3, eram acoplados de viseira protetora, ou seja, nenhum aparelho da clínica 1 que foi avaliado o grau de irradiância apresentava o dispositivo de proteção.

Esse achado é alarmante, levando em consideração que, conforme Kopperud et al. (2017) afirmam, o processo de fotopolimerização pode gerar alguns riscos, visto que a luz emitida pelos aparelhos fotopolimerizadores concentra-se entre o espectro azul e violeta, aproximando-se do comprimento de onda dos raios UV que são capazes de causar lesões aos olhos, tendo o risco relação com a intensidade de luz emitida pela lâmpada, a geometria radioativa, o grau em luz que é refletida e a utilização de proteção ocular.

Dentro desse contexto, Kopperud et al. (2017) apontam que grande parte dos cirurgiões-dentistas fazem o uso de um anteparo ocular inapropriado durante os atendimentos clínicos, como utilizar apenas a viseira de proteção acoplada ao fotopolimerizador. Segundo Mutluay, Rueggeberg e Price (2014), a viseira protetora laranja vinculada ao próprio aparelho fornece uma proteção limitada ao operador, visto que não é funcional na maioria das posições de fotopolimerização, além de que seu pequeno tamanho na luz de polimerização não é capaz de proteger os outros profissionais clínicos nas proximidades da exposição ocupacional à luz azul. Nesse sentido, Torres et al. (2013) corroboram que os fotopolimerizadores podem provocar danos oculares não só ao operador, como também ao paciente assistido e a equipe auxiliar.

Em unanimidade, vários autores sugerem que a proteção mais pertinente a ser usada durante a fotopolimerização são óculos bloqueadores de luz azul que além de reduzirem os riscos a que o profissional pode estar exposto, tendem a otimizar o procedimento (KOPPERUD et al., 2017; MUTLUAY, RUEGGERBERG, PRICE, 2014; RUEGGERBERG et al., 2017, TORRES et al., 2013). Posto isso, Rueggeberg et al. (2017) ratificam que quando o operador utiliza os óculos de filtragem de luz azul, ele pode observar com segurança o que está fazendo quando a luz está polimerizando o material. Isso melhorará a quantidade luminosa fornecida à restauração.

Tendo em vista que a qualidade das restaurações em resina composta, evidentemente, está associada, de forma direta, à capacidade de emissão de luz dos fotopolimerizadores (SOUZA-JUNIOR et al., 2021), um fator relevante que os profissionais devem considerar além do controle adequado da umidade e o emprego de técnicas incrementais apropriadas é o uso de uma unidade fotoativadora com irradiância suficiente para polimerizar o material resinoso (NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018).

Para mensurar e avaliar os valores de irradiância emitidos por aparelhos fotopolimerizadores, variados autores realizaram estudos com o auxílio de um radiômetro odontológico capaz de medir a emissão radiante por dispor de um sensor que reproduz a irradiância em  $\text{mW}/\text{cm}^2$  (BARATA et al., 2021; GONÇALVES et al., 2013; HAO et al., 2015; MARSON, MATTOS, SENSI, 2010; NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018; OMIDI et al., 2018; SOUZA-JUNIOR et al., 2021). Por sua vez, a presente pesquisa adotou esse mesmo recurso.

Desse modo, ao submeter, inicialmente, os 34 fotopolimerizadores da amostra dessa pesquisa a cinco situações clínicas distintas para o teste de aferição da irradiância com o radiômetro: sem a limpeza da ponteira condutora de luz com álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis; após a limpeza da ponteira condutora de luz com álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis; após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de filme de PVC; após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com duas camadas de filme de PVC e após a limpeza com álcool 70% proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de saco plástico translúcido, os resultados da análise estatística realizada mostraram que os valores de desvio-padrão estavam elevados e portanto, não houve a detecção de diferença estaticamente significativa ou seja, nenhum método diferiu do outro em relação aos fotopolimerizadores de cada clínica ( $p>0,05$ ) dado que os valores de médias foram próximos (tabela 4).

Levando em consideração o critério do uso de barreiras físicas de proteção nas ponteiros dos aparelhos, ao comparar os valores das médias de irradiância entre os métodos após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de filme de PVC; após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com duas camadas de filme de PVC e após a limpeza com álcool 70% proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de saco plástico translúcido e os achados apontarem não haver diferença estatística entre eles, é possível ponderar que o uso de qualquer uma dessas barreiras impermeáveis como método de proteção não interfere na emissão de irradiância. Sendo assim, o clínico, por sua vez, pode considerar revestir a ponteira do fotopolimerizador com uma camada de saco plástico translúcido ou apenas com uma camada de filme PVC como método de proteção, visto que tal conduta

contribuiria para economia de material e tempo de preparo do equipo odontológico para receber o paciente.

Todavia, é interessante destacar que apesar da estatística não apontar diferenças significativas entre os métodos empregados, observou-se, tabela 4, que os valores das médias de irradiância do grupo “após limpeza (álcool 70%)” foram maiores quando comparados aos valores do grupo “antes da limpeza e proteção” para as clínicas 1, 2 e 3. Isso sugere que o ato de higienizar a ponteira do fotopolimerizador com um agente desinfetante pode ser viável para melhorar os resultados clínicos.

Nesse âmbito, no que diz respeito ao método de higienização dos fotopolimerizadores, um estudo realizado por Bezerra et al. (2021), com uma metodologia baseada em um questionário aplicado a acadêmicos do curso de odontologia do Centro Universitário Maurício de Nassau localizado em Recife, apontou que a maioria dos alunos higienizam os aparelhos com álcool 70 GL e utilizam barreira plástica. Já em relação a frequência da limpeza, verificou-se que a maioria afirmou realizar antes de cada atendimento, o que é uma conduta importante para prevenir o risco de contaminação cruzada.

Também foi possível notar que, na tabela 4, os valores das médias de irradiância do grupo “1ª camada saco plástico” foram ligeiramente superiores em comparação aos valores dos grupos “1ª camada de filme PVC” e “2ª camada de filme PVC” para as clínicas 1, 2 e 3, especificamente. Apesar disso, os dados estatísticos presentes na tabela 5 apontaram não existir diferença estatisticamente significativa entre esses três grupos. Logo, o profissional pode optar pelo uso da barreira de proteção mais conveniente conforme sua preferência.

Soares et al. (2020) evidenciaram que as barreiras à base de PVC têm uma menor interferência na irradiância (5%). Os autores também afirmaram que com a aplicação de múltiplas camadas, a presença de rugosidades, linhas ou dobras podem ser recorrentes, gerando o aumento da espessura da barreira. Logo, somente uma fina camada desse material é suficiente para promover menores alterações na irradiância (SOARES et al., 2020). Em conformidade a isso, a presente pesquisa também defende essa hipótese, visto que a análise estatística não apontou diferença estatisticamente significativa entre os métodos de proteção com aplicação de uma e duas camadas de plástico filme de PVC e uma camada de saco plástico translúcido nas ponteiras dos fotopolimerizadores da amostra.

Os resultados deste estudo puderam constatar que os fotopolimerizadores da pré-clínica obtiveram valores das médias de irradiância consideravelmente elevados em comparação aos valores apresentados pelos aparelhos das clínicas 1, 2 e 3 (tabela 4). Esses resultados superiores podem ser justificados, assim como na inspeção macroscópica, pelo baixo tempo de vida clínica em virtude dos 4 aparelhos presentes na pré-clínica serem praticamente seminovos e ter uma frequência de uso reduzida pelos estudantes. Sendo assim, como eles são utilizados, esporadicamente, em atividades e/ou provas práticas simuladas em dentes artificiais em condições controladas, a fotoativação em situações reais de procedimentos odontológicos não é realizada por tais aparelhos, tornando-os, conseqüentemente, menos propensos a perda de rendimento no que se refere a sua emissão de irradiância.

Assim, destaca-se a importância de se conhecer a idade do aparelho de fotopolimerização utilizado, já que com o avanço dos anos, a irradiância e a quantidade de luz emitida por ele tende a ser afetada negativamente (ERNST et. al., 2018; HAO et. al., 2015; SHORTALL et. al., 2016). Esse fato foi corroborado em um estudo de Marghaireh, Alzraikat e Taha (2013) que verificaram a existência de uma associação negativa entre o número de vezes estimado que o aparelho é utilizado e a irradiância que ele vem a emitir, sendo esta reduzida conforme o aparelho é mais utilizado, tanto devido a degradação da fonte de luz com o decorrer do tempo, quanto a diminuição da saída de luz devido ao acúmulo de detritos e restos de materiais na ponteira (PRICE, 2017).

Torna-se patente ressaltar que num determinado momento da pesquisa, os dados coletados da pré-clínica foram, então, desconsiderados por caracterizarem um viés de pesquisa dado que os valores médios de irradiância foram discrepantes em comparação às outras três clínicas, dificultando a detecção de diferença estatística. Sendo assim, optou-se, em um segundo momento da análise estatística da irradiância, pela realização de uma comparação dos fotopolimerizadores das clínicas da UEPB – Araruna, desconsiderando a clínica avaliada a fim de facilitar a identificação de possíveis diferenças estatísticas. Para isso, uma amostra de 10 fotopolimerizadores das clínicas 1, 2 e 3 foi selecionada através de uma aleatorização.

Em sequência, ao submeter, os 10 fotopolimerizadores selecionados às cinco situação clínicas distintas para o teste de aferição com o radiômetro: sem a limpeza



da ponteira condutora de luz com álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis; após a limpeza da ponteira condutora de luz com álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis; após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de filme de PVC; após a limpeza com álcool 70% e proteção da ponteira condutora de luz com duas camadas de filme de PVC e após a limpeza com álcool 70% proteção da ponteira condutora de luz com uma camada de saco plástico translúcido, os resultados da análise estatística realizada indicaram que o grupo “após a limpeza da ponteira condutora de luz com álcool 70% e sem a proteção com barreiras descartáveis” apresentou o maior valor da média de irradiância, sendo diferente estatisticamente em relação aos grupos “1ª camada de PVC” e “2ª camada de PVC” ( $p < 0,02$ ), conforme já mostrado na tabela 5. Por outro lado, os demais grupos não diferiram em relação a todos os grupos avaliados.

Também foi possível notar que, na tabela 4, os valores das médias de irradiância do grupo “1ª camada saco plástico” foram ligeiramente superiores em comparação aos valores dos grupos “1ª camada de filme PVC” e “2ª camada de filme PVC” para as clínicas 1, 2 e 3, especificamente. Embora os resultados não tenham dado diferença estatisticamente significativa para essas combinações.

Também foi possível notar que, na tabela 5, os valores das médias de irradiância do grupo “1ª camada saco plástico” foram ligeiramente superiores em comparação aos valores dos grupos “1ª camada de filme PVC” e “2ª camada de filme PVC”. Embora os resultados não tenham dado diferença estatisticamente significativa para essas combinações, foi possível inferir que o grupo “1ª camada de saco plástico” apresentou um valor médio de irradiância ligeiramente superior, tendo um aumento de  $21,32 \text{ mW/cm}^2$  em comparação ao valor médio atribuído ao grupo “1ª camada de filme PVC” e, um aumento de  $24,5 \text{ mW/cm}^2$  comparado ao valor médio de irradiância atribuído ao grupo “2ª camada de filme PVC” (tabela 5). Esses dados permitem o pressuposto de que o recobrimento da ponteira condutora de luz do fotopolimerizador com uma camada de saco plástico translúcido pode ser um método de proteção efetivo para a melhoria dos resultados clínicos durante a fotoativação dos materiais dentários.

Em contraste a tal achado, Khode et al. (2017) relataram que o material à base de PVC possui uma melhor aderência a ponteira do fotopolimerizador devido às suas propriedades e capacidade de ser moldado, reduzindo a ocorrência de

bolhas entre a barreira e a superfície da guia de luz. Eventualmente formadas, as bolhas de ar podem aumentar ainda mais a quantidade de refração, diminuindo a passagem de luz e a eficácia de cura do material. Esse efeito, por sua vez, é mais propenso de ocorrer com as barreiras de saco plástico translúcido composto pelo polímero polietileno, pois o material não se sobrepõe à ponta do LED, aumentando a refração da luz (KHODE et al., 2017; SHORTALL et al., 2016). Logo, é importante inferir que caso o profissional opte por utilizar o saco plástico como barreira, ele deve se atentar a deixar o material bem distendido na região da extremidade da ponteira, não permitindo a presença de rugosidades ou dobras que alterem a espessura da camada de revestimento.

Ainda nesse contexto, foi possível observar que, na tabela 5, o método de proteção da ponteira com duas camadas de plástico filme PVC obteve o menor valor médio de irradiância (2ª camada filme PVC – 541,07mW/cm<sup>2</sup>) quando comparado aos valores da média de irradiância da proteção da ponteira com apenas uma camada de plástico filme PVC (1ª camada filme PVC – 544,25mW/cm<sup>2</sup>) e uma camada de saco plástico translúcido (1ª camada saco plástico – 565,57mW/cm<sup>2</sup>). Embora os resultados da pesquisa não tenham apontado diferença estatisticamente significativa, esse achado pressupõe que o uso de somente uma camada de barreira de proteção é suficiente para se ter uma melhor emissão de luz do que com o uso de duas camadas. O operador, por sua vez, ao envolver a ponteira utilizando apenas uma camada de plástico filme PVC ou saco plástico translúcido estaria otimizando tempo clínico, bem como economizando o material.

Em um estudo similar realizado por Rúbio et al. (2021) constatou-se que dentre as barreiras biológicas aplicadas, uma camada de PVC apresentou melhores resultados para todos os fotopolimerizadores e que apesar do uso de barreiras de biossegurança terem reduzido a irradiância dos aparelhos, esses valores não foram inferiores ao mínimo adequado para a polimerização de resinas compostas convencionais (400mW/cm<sup>2</sup>), o mesmo valor de referência adotado na presente pesquisa que também obteve, com a aplicação de barreiras físicas de proteção, valores médios de irradiância que não foram inferiores ao mínimo preconizado na literatura por variados autores (400mW/cm<sup>2</sup>).

Além disso, destaca-se que apesar dos resultados não apresentarem diferença estatisticamente significativa entre os grupos “antes da limpeza e proteção” e “após limpeza (álcool 70%)”, verificou-se, na tabela 5, um aumento de

61,5mW/cm<sup>2</sup> no valor da média da irradiância após a higienização da ponteira com o agente desinfetante, o que pode indicar ser um método útil para melhorar os resultados clínicos no procedimento de fotopolimerização.

Nessa perspectiva, para higienizar o fotopolimerizador, Rueggeberg et al. (2017) recomendam o uso de técnicas de esterilização a frio, bem como soluções de limpeza. Para a desinfecção a frio pode ser usada uma solução de etanol a 70% ou glutaraldeído a 2% contanto que seja mantido um contato de no mínimo dez minutos entre a ponteira de luz e a solução desinfetante para garantir a ação viricida e esporicida (MENDOZA, ORTEGA, SALINAS, 2020).

Ajaj, Nassar e Hasanain (2018) relatam que dentre os variados métodos de controle de infecção dos aparelhos, a autoclavagem das ponteiras de fotopolimerização convencionais ocasiona o acúmulo de uma crosta opaca na extremidade da sua superfície, o que reduz significativamente a irradiância da luz. Como também, o uso de soluções de esterilização a frio provoca uma diminuição na irradiância da ponteira de forma irreversível para marcas específicas de agentes de esterilização a frio. Outra alternativa proposta foi o uso de sondas de ativação de luz pré-esterilizadas descartáveis, contudo, sua maior desvantagem é o alto custo.

No estudo realizado por Rúbio et al. (2021), todos os fotopolimerizadores obtiveram maior irradiância no grupo controle, isto é, quando não faziam uso de barreiras descartáveis. Corroborando com tal resultado, na presente pesquisa também foi constatado um dado similar mostrado na tabela 5, na qual os valores das médias de irradiância dos grupos “antes da limpeza e proteção” (566,03 mW/cm<sup>2</sup>) “após limpeza (álcool 70%)” (627,53), que não foram revestidos por barreiras protetoras descartáveis, foram superiores aos grupos no quais foram aplicados métodos de proteção “1ª camada de filme PVC” (544,25mW/cm<sup>2</sup>), “2ª camada de filme PVC” (541,07mW/cm<sup>2</sup>) e “1ª camada saco plástico” (565,57mW/cm<sup>2</sup>). Embora tais dados tenham sido evidenciados, a análise da pesquisa apontou diferença estatisticamente significativa apenas entre os grupos “após limpeza (álcool 70%)”, “1ª camada de filme PVC” e “2ª camada de filme PVC” (p<0,02). Já os demais grupos não diferiram em relação a todos os grupos avaliados (tabela 5).

De acordo com Cadenaro et al. (2019) e Rueggeberg et al. (2017), as barreiras biológicas podem reduzir a irradiância em até 40%, o que comprometeria a polimerização de resinas compostas convencionais (MENDONZA et al.,2020; REIS, LOGUERCIO, 2007).

Variados autores da literatura preconizam o valor mínimo de irradiância de 400mW/cm<sup>2</sup> para garantir uma polimerização satisfatória dos materiais resinosos pelas unidades fotoativadoras (ALSHAAFI et al., 2016; BARATIERI et al., 2010; CALDARELLI et al., 2011; CRAIG, POWERS, SAKAGUCHI, 2012; GONÇALVES et al., 2013; REIS, LOGUERCIO, 2007; RÚBIO et al., 2021; SHIMOKAWA et al., 2016; SOUZA-JUNIOR et al., 2021; TORRES et al., 2013) e com base nisso, foi o valor adotado como de referência para essa pesquisa.

Dessa forma, os valores das médias de irradiância dos fotopolimerizadores das clínicas 1, 2, 3 e da pré-clínica apresentados pela análise estatística na tabela 4 e 5 foram, majoritariamente, superiores ao valor mínimo preconizado nessa pesquisa (400mW/cm<sup>2</sup>). Entretanto, ao analisar os valores das médias de cada fotopolimerizador, de forma individual, para cada situação clínica ao qual foram submetidos, conforme mostrado nos quadros 5, 6 e 7, foi possível notar que alguns aparelhos, das clínicas 1, 2 e 3 especificamente, apresentaram valores de irradiância abaixo do preconizado nessa pesquisa (400mW/cm<sup>2</sup>). Possivelmente, isso ocorreu pelo tempo de vida clínico considerável dos aparelhos, bem como pelo uso constante e/ou vasto manuseio sem as devidas precauções pelos universitários.

Souza-Junior et al. (2021) ratificam que além da degradação dos próprios componentes do fotopolimerizador, a emissão de irradiância também pode ser influenciada por queda de tensão elétrica ou por contato elétrico inadequado.

Apesar de ser uma porcentagem inferior a metade do total de fotopolimerizadores avaliados, o achado de 32,35% de aparelhos atuando com deficiência na emissão de irradiância é preocupante, visto que eles estão em uso vigente nas clínicas da UEPB pelos estudantes para realização de procedimentos restauradores com resina composta e conforme relatam Rúbio et al. (2021), a subpolimerização de restaurações resinosas (<400mW/cm<sup>2</sup>) podem ter como resultado a ocorrência de fraturas, bem como a redução das propriedades mecânicas do material, como baixa resistência, aumento da sorção de água e instabilidade de cor da resina. Ademais, pode gerar irritação da polpa dental e facilitar a incidência de cáries secundárias de tal forma a diminuir a longevidade clínica das restaurações.

Diante disso, os 11 fotopolimerizadores (32,35%) que desempenharam leituras de irradiância deficientes para o processo de fotopolimerização devem, indispensavelmente, ser reparados em uma manutenção para que consigam operar

com a irradiância mínima requerida para garantir uma condição de uso adequada ( $>400\text{mW}/\text{cm}^2$ ) ou caso seja necessário, trocados por novos equipamentos com desempenho de emissão radiante satisfatório. Além disso, seria ideal o desenvolvimento de um programa de monitoramento periódico das unidades fotoativadoras da UEPB, visto que autores da literatura como Suliman, Abdo e Elmasmari (2020) julgam importante sempre manter a luz de polimerização monitorada através de dispositivos medidores de irradiância, bem como manter um registro para mostrar que a saída de luz foi fiscalizada.

Uma correlação existente na literatura aponta que a perda de eficiência dos fotopolimerizadores movidos a bateria está diretamente associada à quantidade de ciclos de carregamento, isto é, a quantidade de vezes que o aparelho é carregado. Por sua vez, a fonte de alimentação fica comprometida, levando a diminuição do desempenho do equipamento (SOUZA-JUNIOR et al., 2021). Nesse contexto, um ponto de destaque é que nenhum dos 4 fotopolimerizadores da pré-clínica apresentou valores de média de irradiância abaixo do preconizado de  $400\text{mW}/\text{cm}^2$  perante às cinco situações clínicas propostas nessa pesquisa e todos eles possuem alimentação por baterias recarregáveis, permitindo seu uso “sem fio”. Sendo assim, os valores de médias de irradiância elevados apresentados por tais aparelhos podem ser justificados pelo baixo tempo de vida clínica e frequência de uso. Logo, como essas 4 unidades fotoativadoras são praticamente seminovas e usadas eventualmente pelos estudantes, provavelmente, suas baterias foram expostas a poucos ciclos de carregamento, não afetando, portanto, seu desempenho na emissão de irradiância.

Reis e Loguercio (2021), inferem que uma camada com espessura de 2mm de resina composta, é necessária uma exposição radiante de aproximadamente 16 a  $24\text{J}/\text{cm}^2$  para garantir uma polimerização adequada desse material, isso praticamente já é um consenso entre pesquisadores. Em contrapartida, Suliman, Abdo e Elmasmari (2020) afirmam que a quantidade de energia necessária para polimerizar adequadamente as resinas compostas pode variar dependendo da marca e tonalidade do compósito resinoso, podendo ser necessário uma variação de dose de energia de 6 a  $24\text{J}/\text{cm}^2$  para um incremento de 2mm do material resinoso. Por outro lado, Assaf, Fahd e Sabbagh (2020) confirmam que são necessários cerca de 8 a  $50\text{J}/\text{cm}^2$  para curar eficientemente uma camada de compósito resinoso. Portanto, existe uma grande variedade de autores que sugerem diversos valores de

exposição radiante (tabela 2) para uma polimerização adequada de resina composta, porém percebe-se que tais valores sofrem influência conforme as próprias características do compósito resinoso, bem como pela espessura da camada do material.

Quanto à emissão de irradiância do fotopolimerizador, os autores Nassar, Ajaj e Hasanain (2018), Price (2013) recomendam um valor mínimo de 300mW/cm<sup>2</sup>. Já Gonçalves et al. (2013) indicam que para obter as características apropriadas das resinas compostas, a maioria dos fabricantes preconiza o uso de uma irradiância luminosa mínima de 400mW/cm<sup>2</sup> associada a um tempo de exposição entre 20 e 40 segundos. Por outro lado, para Reis e Loguercio (2021), o fotoativador deve oferecer uma emissão radiante com valor mínimo de 500mW/cm<sup>2</sup>.

De acordo com a diretriz nº 48 da ANSI/ADA (2004) referente às fontes de luz na odontologia, a irradiância mínima aceitável quando se utilizam as fontes de luz à base de tecnologia LED foi definida em 600mW/cm<sup>2</sup>, pois esses aparelhos, especificamente, requerem menor tempo de exposição (BARATA et al., 2021). Dentro desse contexto, Marson, Mattos e Sensi (2010) afirmam que irradiância acima de 600mW/cm<sup>2</sup> nem sempre podem ser consideradas ótimas, uma vez que a depender do tempo de exposição, pode provocar danos, como o comprometimento da integridade marginal das restaurações, devido ao alto grau de reação das resinas compostas, gerando estresse de contração.

Diante o exposto, na literatura, não existe um padrão de irradiância mínima preconizada (tabela 1). Determinados estudos relatam que o mínimo valor deve ser de 500mW/cm<sup>2</sup> e outros de 400mW/cm<sup>2</sup> e recomendam que os fotopolimerizadores tenham uma irradiância elevada para que consiga percorrer toda a extensão do material. Contudo, fatores como fatores como o nível de bateria e características da ponteira do aparelho fotopolimerizador (tipo, tamanho e distância da restauração) podem fazer com que essa medida diminua (BEZERRA et al., 2021).

É fundamental que o dentista conheça a irradiância emitida pelo fotopolimerizador que está usando para seus procedimentos odontológicos (SULIMAN, ABDO, ELMASMARI, 2020). De modo geral, um radiômetro odontológico portátil mede apenas a irradiância fornecida na extremidade da ponteira da unidade de fotopolimerização e não a exposição radiante recebida pela restauração (ANDRÉ et al., 2018). Dessa forma, muitos fabricantes fornecem informações sobre a irradiância medida apenas na ponteira do fotopolimerizador que não corresponde

àquela entregue à restauração, visto que a superfície superior da camada de compósito geralmente está a poucos milímetros da ponteira do aparelho (1-8mm) causando uma redução na irradiância fornecida à resina (SULIMAN, ABDO, ELMASMARI, 2020).

Dentro desse contexto, Rueggeberg et al. (2017) relatam que alguns fotopolimerizadores oferecem apenas 25% ou menos da irradiância mensurada na ponteira a uma distância de apenas 8mm da ponteira. Conseqüentemente, o profissional deve saber como as distâncias clinicamente relevantes afetarão a irradiância fornecida por sua luz de polimerização à restauração.

Em um estudo realizado por Catelan et al. (2015) que visou avaliar o grau de conversão e a dureza de uma resina composta polimerizada nas distâncias de 0,2 e 4mm, constatou-se que a fotopolimerização realizada a uma maior distância influenciou negativamente nas propriedades da resina composta e comprometeu a durabilidade das restaurações. Portanto o uso de um dispositivo de fotopolimerização com maior irradiância deve ser priorizado.

A variação da distância entre a ponta do fotoativador e a restauração pode ser um recurso utilizado pelo operador para reduzir efeitos indesejados da resina composta como a contração de polimerização, visto que conforme aumenta-se essa distância, ocorre uma diminuição da irradiância da luz que chega à resina e conseqüentemente, do grau de conversão desse material. Ademais, o aumento da distância promove uma polimerização mais lenta com uma irradiância inicial mais baixa, o que pode aumentar a fase pré-gel do compósito, permitindo o escoamento da resina e a liberação da tensão provocada pela contração. Após a polimerização inicial, o operador pode aplicar novamente a luz a uma distância mínima para promover a polimerização final, com alta irradiância de luz, a fim de que não sejam alteradas as propriedades mecânicas da resina (SHIMOKAWA et al., 2012).

O tempo de fotoativação, por sua vez, está intimamente relacionado com a distância da ponteira do fotopolimerizador ao material a ser fotoativado, uma vez que quanto maior essa distância, menor será o efeito da irradiância emitida pelo aparelho e, conseqüentemente, torna-se necessário, como forma de compensação, a aplicação de um maior tempo de exposição luminosa para uma polimerização satisfatória (SILVA et al., 2017).

O aumento do tempo de exposição também pode ser um recurso utilizado para compensar, inicialmente, aparelhos fotopolimerizadores que apresentam

mensurações de irradiância abaixo do valor mínimo preconizado (400mW/cm<sup>2</sup>). Caso o declínio dos valores de irradiância durante os monitoramentos periódicos continuem é indicada a troca por um novo equipamento fotoativador (RUEGGERBERG et al., 2017).

Shimowaka et al. (2020) realizaram um estudo para avaliar a influência de diferentes tempos de exposição na microdureza da resina composta em restaurações de dentes molares. Os tempos aplicados foram de 10 e 20 segundos, com a guia de luz posicionada no centro da superfície oclusal. Os autores constataram que os fotopolimerizadores com ponteiros mais largas e aplicadas pelo tempo de 20 segundos demonstraram resultados de microdureza da resina mais elevados. Portanto, a prolongação da fotoativação, isto é, tempos de exposição mais longos implicam na melhora da polimerização e, por fim, na redução dos efeitos de qualquer falta de homogeneidade do feixe de luz.

No que se refere ao diâmetro da ponteira do fotopolimerizador, André et al. (2018) ratificam que o valor de irradiância única usa um método descrito na norma ISO (*International Organization for Standardization*) 10650 (calculado a partir do quociente da potência radiante e área óptica da ponta de luz) que é inversamente proporcional à área da ponta, em outras palavras, pequenas mudanças no diâmetro da ponta de fotopolimerização terão um grande efeito na irradiância. Conseqüentemente, se a mesma energia radiante for fornecida, mudar o diâmetro da ponta de 10 para 7mm reduz a área da ponta e duplica a irradiância. Em conformidade a isso, Price et al. (2011) corroboram que em uma distância de 8mm, o diâmetro útil do feixe de luz do fotopolimerizador é reduzido, passando a ser menor e, por essa razão, passa também a ser menos efetivo na conversão dos monômeros em polímeros. Essa constatação é feita e embasada em estudos que mostram que restaurações profundas, como as do tipo classe II, podem não ser polimerizadas corretamente. Diante disso, para solucionar tais questões clínicas em que uma maior inclinação da ponta e/ou uma maior distância aconteça, preconiza-se a prolongação do tempo de polimerização em restauração classe II, com caixas proximais profundas.

Além disso, outro fator capaz de alterar a irradiância é o ângulo de distância da ponteira à área a ser polimerizada (NASSAR, AJAJ, HASANAIN, 2018). Para Konerding et al. (2016), o aumento do ângulo de inclinação da ponta guia do fotopolimerizador em relação à superfície a ser polimerizada provoca uma redução



da exposição radiante disponível para o material, uma vez que, conforme o ângulo aumenta, uma parte dos feixes de luz não atinge a restauração, formando uma área de sombra nas regiões periféricas. Dessa forma, a polimerização de uma restauração pode ser prejudicada por uma ponta fotopolimerizadora inclinada ou com uma distância aumentada. Portanto, o operador deve garantir o posicionamento da ponta guia do fotopolimerizador diretamente no local desejado, em um ângulo preferencial de  $0^\circ$  e uma distância de 0mm em relação à superfície.

Nessas situações, as barreiras plásticas são elementos essenciais, visto que proporcionam ao operador a manutenção da ponteira do fotopolimerizador o mais próximo possível do material, anulando o risco de contaminação e, por consequência, promove a obtenção de melhores resultados no grau de conversão da resina composta (CADENARO et al., 2019).

Além do posicionamento correto da ponteira, Reis e Loguercio (2021) ratificam que é importante que o operador observe o procedimento de fotoativação durante todo o tempo de exposição, pois estudos mostram que menores valores de exposição radiante ( $J/cm^2$ ) são depositados na resina composta quando o operador não está observando sua atividade. Para isso, é indispensável o uso de protetores visuais contra a luz azul, como óculos de proteção próprios na cor laranja ou mesmo barreiras de cor laranja acopladas a ponteira dos fotoativadores.

Com base nisso, seria prudente que a UEPB exigisse o uso obrigatório desse tipo de óculos tanto para os estudantes quanto para os pacientes atendidos nas clínicas escolas durante a realização de procedimentos com uso de materiais fotoativados como uma medida de biossegurança.

Outro fator que deve ser levado em consideração diz respeito ao grau de opacidade da resina, visto que ele dificulta a propagação de luz no interior do material. Sendo assim, determinadas características ópticas apresentadas pela resina composta podem ter influência na luz transmitida dentro do material. As resinas compostas com opacidade descrita como de dentina precisam receber um tempo de exposição de luz maior para que se alcance um grau de conversão semelhante ao da resina composta com opacidades menores, como as resinas de esmalte (ALBINO et al., 2011). Por outro lado, a elevada translucidez de algumas resinas compostas permite que a luz penetre em camadas mais profundas na espessura do material e, assim, aprimore o grau de conversão de seus monômeros

em polímeros, em uma maior extensão do corpo do material resinoso translúcido (ILIE, 2019).

Dentro desse contexto, Mota et al. (2019) relatam que as resinas do tipo *bulk fill* são materiais que se destacam no mercado devido à sua elevada translucidez alcançada através de alterações na sua composição, como uma menor proporção de carga e um aumento no tamanho das partículas que leva à diminuição do índice de refração e a uma maior penetração da luz durante a fotopolimerização dos incrementos resinosos. Isso possibilita uma polimerização satisfatória e com baixa contração durante o processo, o que promove excelentes propriedades mecânicas à restauração.

No que se refere à colimação do feixe de luz emitido pela ponteira do fotopolimerizador, os autores Price, Shortall e Palin (2014) atestam que, em condições ideais, o aparelho necessita fornecer um feixe de luz bem colimado com redução mínima da irradiância em distâncias clinicamente relevantes (até 8mm da ponta).

Em um estudo de André et al. (2018), foi verificado que o feixe de luz emitido pelo aparelho fotopolimerizador *Radii-Cal* (SDI®) quando comparado com outros aparelhos, como o *Valo* (*Ultradent Products Inc*®), entrega uma menor energia por área, através da irradiação da luz e, conseqüentemente, resulta em uma menor profundidade de penetração da luz no material. Logo, o feixe de luz emitido pela ponta guia do fotopolimerizador *Valo* (*Ultradent Products Inc*®) é colimado e o paralelismo dos raios de luz sugere maior direcionamento do feixe luminoso na resina composta, o que implica diretamente em uma maior entrega de energia, uma maior polimerização final e, conseqüentemente, em uma maior dureza do material resinoso.

Por fim, é cabível salientar que apesar de ser relevante para o meio acadêmico e útil para suprir a necessidade de mais estudos nessa área odontológica, a presente pesquisa possui algumas limitações intrínsecas com relação à metodologia, pois como foi discutido por Suliman, Abdo e Elmasmari (2020), os clínicos podem medir a irradiância de seus fotopolimerizadores com auxílio de um radiômetro odontológico, porém esses equipamentos podem ser imprecisos, visto que ele mensura apenas a irradiância fornecida na extremidade da ponteira da unidade de fotopolimerização e não a exposição radiante recebida pela restauração (ANDRÉ et al., 2018). Logo, os dentistas podem, eventualmente, ter

dificuldade em saber quanta irradiância e energia estão fornecendo às suas restaurações (SULIMAN, ABDO, ELMASMARI, 2020).

Além disso, a amostra foi outra limitação desse estudo, ela foi composta pelos fotopolimerizadores das três clínicas escolas que tinham um tempo de vida clínica considerável e pelos aparelhos da pré-clínica que eram novos, mais modernos e com baixo tempo de vida clínica, os valores das médias de irradiância dos fotopolimerizadores da pré-clínica caracterizaram um viés de pesquisa por terem sido bastante superiores e discrepantes em relação aos das demais clínicas e em virtude disso, durante a análise estatística, foram encontradas dificuldades para detectar diferenças estatisticamente significantes.

## 7 CONCLUSÃO

Os achados da análise macroscópica dos fotopolimerizadores dessa pesquisa sugerem que mais precauções devem ser tomadas pelos usuários para estabelecer uma melhor conservação externa desses aparelhos. De acordo com os resultados encontrados nessa pesquisa também foi possível inferir que o método de higienizar as ponteiros com um agente desinfetante, como o álcool 70%, pode ser benéfico para a emissão adequada da irradiância do fotopolimerizador e, conseqüentemente, para obtenção de melhores resultados clínicos.

Por outro lado, diferentemente dos resultados encontrados por outros autores na literatura que apontam que o uso de barreiras físicas translúcidas reduzem consideravelmente a irradiância emitida pelos fotopolimerizadores, o presente estudo não constatou diferenças estatísticas significativas entre os métodos de recobrimento das ponteiros com barreiras de proteção, isto é, tais aparatos não interferiram na emissão de irradiância dos aparelhos, o que não dispensa o seu uso, visto que é de extrema importância para evitar qualquer tipo de contaminação cruzada entre o dispositivo e os tecidos bucais.

Além disso, os achados desse estudo ressaltam a importância da manutenção periódica ou substituição oportuna dos fotopolimerizadores com deficiência na emissão de irradiância. Essa conduta pode garantir a qualidade contínua dos tratamentos restauradores nos quais se aplicam a etapa de fotoativação de materiais dentários.

Desse modo, a mensuração da irradiância emitida pelos aparelhos de fotoativação contribui para a realização de protocolos clínicos mais confiáveis e efetivos a longo prazo, o que beneficia a população assistida nas clínicas escolas da UEPB – Campus VIII. Ademais, novos estudos devem ser realizados a fim de reforçar a importância da frequência de manutenção, bem como a conscientização dos profissionais sobre o uso de barreiras de proteção que controlem o risco de contaminação cruzada, melhorando as abordagens de biossegurança durante os atendimentos odontológicos.

Portanto, tendo em vista que uma fotopolimerização apropriada é um fator essencial para que restaurações diretas de resina composta atinjam propriedades mecânicas e funcionais satisfatórias para uma grande longevidade, é recomendável que os cirurgiões-dentistas verifiquem, periodicamente, a irradiância emitida pelos

seus fotopolimerizadores. Além disso, faz-se necessário que os profissionais tenham conhecimento acerca não só da importância do monitoramento dos aparelhos, bem como dos fatores capazes de influenciar diretamente no processo de fotopolimerização conforme foi discutido nesse estudo.

## REFERÊNCIAS

- AJAJ, R.A; NASSAR, H. M.; HASANAIN, F. A. Infection control barrier and curing time as factors affecting the irradiance of light-cure units. **J Int Soc Prev Community Dent.**, Mumbai, v.8, n.6, p.523-528, 2018.
- ALBINO, L.G.B.; et al. Knoop microhardness and FT-Raman evaluation of composite resins: influence of opacity and photoactivation source. **Braz Oral Res.**, [S.I], v.25, n.3, p.267-273, 2011.
- ALSHAAFI, M.M.; et al. Emission characteristics and effect of battery drain in “budget” curing lights. **Oper Dent.**, Seattle, v.41, n.4, p.397-408, 2016.
- ANDRÉ, C. B.; et al. Stability of the light output, oral cavity tip accessibility in posterior region and emission spectrum of light-curing units. **Oper Dent.**, Seattle, v.43, n.4, p.398-407, 2018.
- ANUSAVICE, K.J. **Phillips - Materiais Dentários**. 11<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- ARCHEGAS, L. R. P.; et al. Effect of ceramic veneer opacity and exposure time on the polymerization efficiency of resin cements. **Oper Dent.**, Seattle, v.37, n.3, p.281-289, 2012.
- ASSAF, C.; FAHD, J. C.; SABBAGH, J. Assessing dental light-curing units’ output using radiometers: a narrative review. **J Int Soc Prev Community Dent.**, Mumbai, v.10, n.1, p.1-8, 2020.
- BALDI, R. L.; et al. Intensidade de luz de aparelhos fotopolimerizadores utilizados no curso de odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa. **UEPG Ci. Biol. Saúde**, Ponta Grossa, v.11, n.1, p.39-46, 2005.
- BARATA, T. J. E.; et al. Fuentes de luz de uso clínico en el pre grado: 7 años de seguimiento. **Rev. Estomatol. Herediana [online]**, v.31, n.1, p.37-43, 2021.
- BARATIERI, L.N.; et al. **Odontologia Restauradora – Fundamentos e Técnicas (Volume 1)**. 1<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Gen Grupo Editorial Nacional/Editora Santos, 2010.
- BARGHI, N.; FISCHER, D. E.; PHAM, T. Revisiting the intensity output of curing lights in private dental offices. **Compend Contin Educ Dent.**, Newtown, v.28, n.7, p.380-384, 2007.
- BELTRANI, F. C.; et al. Avaliação da intensidade de luz e dos componentes dos aparelhos fotopolimerizadores da Clínica Odontológica da Universidade Estadual de Londrina. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde**, [S.I], v.14, n.1, p.5-11, 2012.

- BEZERRA, A. L. C. A.; et al. Avaliação do nível de conhecimento de acadêmicos de Odontologia sobre fotopolimerização. **Revista da ABENO**, [S.l], v.21, n.1, p.1065, 2021.
- CADENARO, M.; et al. The role of polymerization in adhesive dentistry. **Dent Mater.**, Copenhagen, v.35, n.1, p.e1-e22, 2019.
- CALDARELLI, P. G.; et al. Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica – uma revisão da literatura. **Odontol. Clín.-Cient. [online]**, v.10, n.4, p.317-321, 2011.
- CATELAN, A.; et al. Impact of the distance of light curing on the degree of conversion and microhardness of a composite resin. **Acta Odontol Scand.**, Stockholm, v.73, n.4, p.298-301, 2015.
- CORCIOLANI, G.; et al. The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. **Oper Dent.**, Seattle, v.33, n.3, p.325-331, 2008.
- CORREIA, I. B.; et al. Avaliação da intensidade de luz, da manutenção e do método de utilização dos fotopolimerizadores utilizados nos consultórios da cidade de Caruaru - PE. **Revista de Odontologia da UNESP**, São Paulo, v.34, n.3, p.113-118, 2005.
- CRAIG, R. G.; POWERS, J. M.; SAKAGUCHI, R. L. **Materiais dentários restauradores**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2012.
- DAVIDOVICH, L. Os quanta de luz e a ótica quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.l], v.37, n.4, p.4205-1-4205-12, 2015.
- EREN, D.; TUTKAN, F. Investigation of the reliability of light-curing units in Sivas City, Turkey. **Niger J Clin Pract.**, Mumbai, v.22, n.4, p.469-477, 2019.
- ERNST, CP.; et. al. Visible light curing devices: irradiance and use in 302 German dental offices. **J Adhes Dent.**, New Malden, v. 20, n. 1, p. 41-55, 2018.
- FREITAS, S.A.A.; COSTA, J.F., BAUER, J.R.O. Avaliação da intensidade da luz dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados em clínicas odontológicas de São Luís – MA. **Rev. Pesq Saúde on-line**, v.12, n.2, p.27-31, 2011.
- GONÇALVES, L. S.; et al. Clinical effectiveness of light-curing units of the School of Dentistry of the Federal University of Goiás. **RSBO. [online]**, v.10, n.3, p.228-233, 2013.
- GUIMARÃES, G. F.; et al. Minimization of polymerization shrinkage effects on composite resins by the control of irradiance during the photoactivation process. **Journal of applied oral science**, [S.l], v.26, p.1-9, 2018.
- HAMERSKI, F.; et al. Resina composta: fotopolimerização relacionada com microinfiltração. **Revista Gestão & Saúde [online]**, v.13, p.01-10, 2015.

- HAO, X.; et al. A survey of power density of light-curing units used in private dental offices in Changchun City, China. **Lasers Med Sci.**, Londres, v.30, n.2, p.493-497, 2015.
- ILIE, N. Sufficiency of curing in high-viscosity bulk-fill resin composites with enhanced opacity. **Clin Oral Investig.**, Berlim, v.23, n.2, p.747-755, 2019.
- KARACOLAK, G.; et al. Influence of increment thickness on radiant energy and microhardness of bulk-fill resin composites. **Dent Mater J.**, Tóquio, v.37, n.2, p.206-213, 2018.
- KHODE, R. T.; et al. Evaluation of effect of different disposable infection control barriers on light intensity of light-curing unit and microhardness of composite – An in vitro study. **J Conserv Dent.**, Amritsar, v.20, n.3, p.180-184, 2017.
- KONERDING, K. L.; et al. Study of energy transfer by different light curing units into a class III restoration as a function of tilt angle and distance, using a MARC Patient Simulator (PS). **Dent Mater.**, Copenhagen, v.32, n.5, p.676-686, 2016.
- KOPPERUD, S. E.; et al. Light curing procedures – performance, knowledge level and safety awareness among dentists. **J Dent.**, Bristol, v.58, p.67-73, 2017.
- LEE, HM.; et al. Comparison of the bonding strengths of second- and third-generation light-emitting diode light-curing units. **Korean J Orthod.**, Seoul Geocho-gu, v.46, n.6, p.364-371, 2016.
- LIMA, A. L. X.; et al. Avaliação do grau de conversão de resinas compostas fotoativadas em diferentes tempos e potências. **RFO**, Passo Fundo, v 21, n.2, p.219-233, 2016.
- MAGHAIREH, G. A.; ALZRAIKAT, H.; TAHA, N. A. Assessing the irradiance delivered from light-curing units in private dental offices in Jordan. **J Am Dent Assoc.**, Chicago, v.144, n.8, p.922-927, 2013.
- MARSON, F. C.; MATTOS, R.; SENSI, L. G. Avaliação das condições de uso dos fotopolimerizadores. **Revista Dentística on line**, v.9, n.19, p.15-20, 2010.
- MENDOZA, F. M. V.; ORTEGA, J. L. G.; SALINAS, Y. R. A. Photopolymerization devices light intensity relation with physical translucid barriers use. **WJARR**, [S.l.], v.8, n.1, p.180-187, 2020.
- MOTA, M. S.; et al. Odontologia atual: fundamentação teórica e aspectos clínicos das resinas bulk fill. **Odontol. Clín.-Cient.**, Recife, v.18, n.2, p.97-102, 2019.
- MUTLUAY, M. M.; RUEGGERBERG, F. A.; PRICE, R. B. Effect os using proper light-curing techniques on energy delivered to a Class 1 restaration. **Quintessence Int.**, Berlim, v.45, n.7, p.549-556, 2014.
- NASSAR, H. M.; AJAJ, R.; HASANAIN, F. Efficiency of light curing units in a government dental school. **J Oral Sci.**, Tóquio, v.60, n.1, p.142-146, 2018.



OMIDI, BR.; et al. Intensity output and effectiveness of light curing units in dental offices. **J Clin Exp Dent.**, Espanha, v.10, n.6, p.e555-e560, 2018.

PRICE, R. B.; FERRACANE, J. L.; SHORTALL, A. C. Light-curing units: a review of what we need to know. **Journal of Dental Research**, v.94, n.9, p.1179-1186, 2015.

PAR, M.; et al. The effects of extended curing time and radiant energy on microhardness and temperature rise of conventional and bulk-fill resin composites. **Clin Oral Investig.**, Berlim, v.23, n.10, 3777-3788, 2019.

PRICE, R. B. Avoiding Pitfalls When Using a Light-Curing Unit. **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, Jamesburg, v.3, n.4, p.304-305, 2013.

PRICE, R. B.; et al. Effect of distance on irradiance and beam homogeneity from 4 light-emitting diode curing units. **J Can Dent Assoc.**, Ottawa, v.77:b9, p. 1-10, 2011.

PRICE, R. B. T. Light curing in dentistry. **Dent Clin North Am.**, Filadélfia, v.61, n.4, p.751-778, 2017.

PRICE, R. B.; SHORTALL, A. C.; PALIN, W. M. Contemporary issues in light curing. **Oper Dent.**, Seattle, v.39, n.1, p.4-14, 2014.

REIS, A.; LOGUERCIO, A. D. **Materiais Dentários Direitos – dos Fundamentos à Aplicação Clínica**. 1ª ed. São Paulo: Editora Santos, 2007.

REIS, A.; LOGUERCIO, A. D. **Materiais Dentários Direitos – dos Fundamentos à Aplicação Clínica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Santos, 2021.

RIBEIRO, R. A. O. et al. Avaliação da intensidade de luz e da manutenção dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados em clínicas odontológicas da cidade do Recife-PE. **Revista de Odontologia da UNESP**, São Paulo, v.45, n.6, p.351-355, 2016.

RODRIGUES, B. B.; et al. Propriedades da resina composta *bulk fill*: uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, [S. l.], v.10, n.13, p.e136101320852, 2021.

RÚBIO, G. R.; et al. The influence of translucent barriers on the effectiveness of dental light curing. **Research, Society and Development**, [S. l.], v.10, n.7, p.e53910716713, 2021.

RUEGGERBERG, F. A.; et al. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. **Braz. Oral Res.**, São Paulo, v.31, p.64-91, 2017.

SCARIOT, R. C.; CALZA, J. V.; CASALI, J. L. Abordagem dos cirurgiões dentistas em relação a fotopolimerização de resinas compostas. **Journal of Oral Investigations**, Passo Fundo, v.6, n.1, p.38-49, 2017.

SCHNEIDER, A. C.; et al. Influência de três modos de fotopolimerização sobre a microdureza de três resinas compostas. **Polímeros [online]**, v.26, p.37-42, 2016.

SHIMOKAWA, C.A.K.; et al. Efeito da redução da intensidade de luz inicial na polimerização de uma resina composta fotoativada com luz halógena e distanciamento da ponta ativadora. **RPG - Rev. pós-grad. [online]**, v.19, n.2, p.64-68, 2012.

SHIMOKAWA, C.; et al. Effect of curing light and exposure time on the polymerization of bulk-fill resin-based composites in molar teeth. **Oper Dent.**, Seattle, v.45, n.3, p.E141-E155, 2020.

SHIMOKAWA, C. A. K.; et al. Effect of light curing units on the polymerization of bulk fill resin-based composites. **Dent Mater.**, Copenhagen, v.34, p.1211-1221, 2018.

SHIMOKAWA, C.; et al. Influence of Emission Spectrum and Irradiance on Light Curing of Resin-Based Composites. **Oper Dent.**, Seattle, v. 42, n. 5, p. 537-547, 2017.

SHIMOKAWA, C. A. K.; et al. Light output from six battery operated dental curing lights. **Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.**, Amsterdã, v.69, p.1036-1042, 2016.

SHORTALL, A. C.; et al. Guidelines for the selection, use, and maintenance of LED light-curing units-Part 1. **British dental journal**, Londres, v.221, n.8, p.453-460, 2016.

SILVA, F.J.V.; et al. Técnicas para reduzir os efeitos da contração de polimerização das resinas compostas fotoativadas. **Salusvita [online]**, v.36, n.1, p.187-203, 2017.

SOARES, C. J.; et al. An evaluation of the light output from 22 contemporary light curing units. **Brazilian Dental Journal**, [S.l.], v.28, n.3, p.362-371, 2017.

SOARES, C. J.; et al. Effect of infection control barriers on the light output from a multi-peak light curing unit. **J Dent.**, Bristol, v.103, p.103503, 2020.

SOUZA-JUNIOR, J. H. N.; et al. Evaluation of the light intensity emitted by the light-curing devices of a dental school clinic in the north of brazil: a pilot study. **J Health Sci.**, Londrina, v.23, n.1, p.68-71, 2021.

SULIMAN, A. A.; ABDO, A. A.; ELMASMARI, H. A. Training and experience effect on light-curing efficiency by dental practitioners. **J Dent Educ.**, Washington, v.84, n.6, p.652-659, 2020.

TAUBÖCK, T. T.; et al. Effect of modulated photo-activation on polymerization shrinkage behavior of dental restorative resin composites. **Eur J Oral Sci.**, Copenhagen, v.122, n.4, p.293-302, 2014.

TONGTAKSIN, A.; LEEVAILOJ, C. Battery charge affects the stability of light intensity from light-emitting diode light-curing units. **Oper Dent.**, Seattle, v.42, n.5, p.497-504, 2017.

TORRES, C.R.G.; et al. **Odontologia Restauradora - Estética e Funcional: Princípios para a Prática Clínica.** 1ª ed. São Paulo: Editora Santos, 2013.

## APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA DOS FOTOPOLIMERIZADORES

Data da coleta de dados: / /

<b>LOCALIZAÇÃO DOS APARELHOS (Nº EQUIPOS)</b>	<b>DANOS ESTRUTURAIS ENCONTRADOS</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>	<b>APARELHO INCLÚIDO NA AMOSTRA</b>
1			SIM ( ) NÃO ( )
2			SIM ( ) NÃO ( )
3			SIM ( ) NÃO ( )
4			SIM ( ) NÃO ( )
5			SIM ( ) NÃO ( )
6			SIM ( ) NÃO ( )
7			SIM ( ) NÃO ( )
8			SIM ( ) NÃO ( )
9			SIM ( ) NÃO ( )
10			SIM ( ) NÃO ( )
11			SIM ( ) NÃO ( )
12			SIM ( ) NÃO ( )
13			SIM ( ) NÃO ( )
14			SIM ( ) NÃO ( )

**APÊNDICE B – PLANILHAS DOS VALORES DAS MÉDIAS ARITMÉTICAS DE IRRADIÂNCIA DOS FOTOPOLIMERIZADORES DE TODOS OS GRUPOS DA AMOSTRA**

<b>Numeração dos fotopolimerizadores (CLÍNICA 1)</b>	<b>Após limpeza (álcool 70%)</b>	<b>Antes da limpeza e proteção</b>	<b>1ª camada de filme PVC</b>	<b>2ª camada de filme PVC</b>	<b>1ª camada saco plástico</b>
4	314,67	289	259,33	267,5	289,33
6	585,33	494,5	500,83	504,17	486,5
7	687,83	649,67	651,67	671,33	698,83
8	584,67	388,83	272,83	281,5	329,17
9	116,33	33,67	103,33	105	104,67
10	775,67	682,17	719	735,5	745,33
11	305,67	17,17	102,67	91,17	102,33
13	590,83	449	557,67	555,17	553,17
14	642,17	566,67	565,83	570,33	566,83

<b>Numeração dos fotopolimerizadores (CLÍNICA 3)</b>	<b>Após limpeza (álcool 70%)</b>	<b>Antes da limpeza e proteção</b>	<b>1ª camada de filme PVC</b>	<b>2ª camada de filme PVC</b>	<b>1ª camada saco plástico</b>
1	468,33	430,33	388,17	394,83	404,5
2	723,5	692,17	689,5	688,33	706,5
3	153,67	116,5	0	0	18,5
4	222,67	232,17	155,5	145,83	165
5	199,33	129,5	186,67	172,83	190,33
6	318,17	309,67	208,17	227,33	209,17
7	447,33	383,33	408,5	386,83	417
8	497,33	467,83	447,5	440,33	458,83
9	605,83	571,17	573,67	495	618,5
11	632,5	657,67	588,33	597,33	611,5
12	454,83	349,5	434,83	418,83	420,83
13	705,17	661,33	601,83	593,33	658,33
15	659	639	626,67	642,5	657,7
16	762	713,83	722,33	722	746,5

<b>Numeração dos fotopolimerizadores (CLÍNICA 2)</b>	<b>Após limpeza (álcool 70%)</b>	<b>Antes da limpeza e proteção</b>	<b>1ª camada de filme PVC</b>	<b>2ª camada de filme PVC</b>	<b>1ª camada saco plástico</b>
1	683	701,33	563,83	538,17	583
4	314,67	357,67	269,67	297,83	277,17
5	746	728,83	720,83	715,83	719,5
7	744,33	690,33	706,67	712,67	733,17
9	604,17	542,5	541,17	555,17	550,5
10	690	646	619	602	708
13	754,17	218	700,33	694,83	701,5

<b>Numeração dos fotopolimerizadores (PRÉ-CLÍNICA)</b>	<b>Após limpeza (álcool 70%)</b>	<b>Antes da limpeza</b>	<b>1ª camada de filme PVC</b>	<b>2ª camada de filme PVC</b>	<b>1ª camada saco plástico</b>
<b>Patrimônio - 00738232</b>	1099	1048,5	1062,5	1035	1057,25
<b>Patrimônio - 00738233</b>	1130,33	1133,5	1117,75	1104,5	1131
<b>Patrimônio - 00738234</b>	1130,67	1126,5	1054,75	1040,5	1071
<b>Patrimônio - 00738235</b>	1055,33	1119,75	1077	1077,5	1044,25

