

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde

Karen Maria de Paula

**Efeitos da fotobiomodulação com laser de baixa potência no
desempenho vocal de cantores: Ensaio clínico randomizado**

Brasília
2023

Karen Maria de Paula

**Efeitos da fotobiomodulação com laser de baixa potência no
desempenho vocal de cantores: Ensaio clínico randomizado**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências da Saúde

Área de Concentração: Laringologia e voz: voz profissional.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Costa Pires.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Thays Christina Garcia Vaiano.

Brasília

2023

Karen Maria de Paula

**Efeitos da fotobiomodulação com laser de baixa potência no
desempenho vocal de cantores: Ensaio clínico randomizado**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências da Saúde.

Prof. Dr. Carlos Augusto Costa Pires (PPGFS) – Orientador

Prof.^a Dr.^a Thays Christina Garcia Vaiano (CEV) – Coorientadora

Prof.^a Dr.^a Larissa Vilela – Membro Externo

Prof.^a Dr.^a Márcia Menezes – Membro Externo

Prof.^a Dr.^a Vanessa Veis Ribeiro – Membro Vinculado à UNB

Prof.^a Dr.^a Valéria Gomes da Silva – Suplente

Brasília, 04 de agosto de 2023

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai da Misericórdia, e à Nossa Senhora do Desterro, por olharem por mim, por sempre guiarem meus caminhos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Augusto Costa Pires, pela paciência e atenção durante toda a elaboração deste trabalho. Obrigada pela compreensão, tantos ensinamentos, disponibilidade e confiança.

À minha coorientadora, Prof.^a Dr.^a Thays Christina Garcia Vaiano, pelo apoio, conselhos, sugestões e disponibilidade. Sua contribuição foi fundamental!

À minha grande amiga, Lara Rilve, por todos os momentos que passamos juntas, pelas conversas, lamentos e risos da vida, mas, principalmente, pelas discussões sobre os estudos. Amizade eterna!

À Claudinha Backing, especialmente, por ter auxiliado na seleção dos cantores.

Aos cantores, participantes do estudo, pela disponibilidade e interesse em auxiliar a ciência.

Aos amigos, que me apoiaram e entenderam os vários momentos de ausência.

À minha família, minha base, sobretudo, pelo amor incondicional, apoio, companheirismo e solidariedade em todos os momentos. Serei eternamente grata por tudo e amo muito vocês!

Ao Rodrigo, que foi mais do que um companheiro. Seu apoio tornou a caminhada muito mais leve. Amo você!

À CAPES, pelo apoio financeiro, essencial neste estudo.

A todos que estiveram de longe torcendo, pelo apoio e pelas palavras de incentivo.

MUITO OBRIGADA!

Dedico este trabalho ao meu querido e amado pai, Afonso Benedito de Paula, que não teve oportunidade de estudar, porém foi o maior e o melhor professor no ensinamento do respeito, da união, da bondade, da humildade, da honestidade, do amor ao próximo e pelo Clube Atlético Mineiro, mas, principalmente, da gratidão a Deus. A pandemia o levou antes que pudéssemos comemorar esta conquista, mas sei que ele está intercedendo por nós lá de cima. Honraremos eternamente sua memória e o amamos muito!

*A dor da queda é forte
A vontade de parar é muita
O medo de seguir é tanto
O sonho quase chega ao fim
A água de beber é pouca
O delírio do cansaço é muito
A lágrima que cai é tanta
Que pode até me afogar
Mas a chama desse fogo é grande
A verdade desse sonho é muita
O caminho a seguir é tanto
O desejo de chegar é mais*

*Por isso eu não deixo de caminhar
Eu não deixo de procurar*

*Eu sei que a correnteza é forte
Mas a água que te molha é santa
Se a alma que navega é muita
A estrela iluminará.*

(Sérgio Pererê)

RESUMO

Introdução: Cantores são profissionais apresentam elevada demanda vocal com tendência à disfonia. O impacto dos problemas vocais em cantores será completamente diferente de outros indivíduos com baixa demanda vocal. **Objetivo:** Analisar a relação entre o uso do laser de baixa potência e o desempenho vocal em cantores. **Metodologia:** Participaram do estudo 33 indivíduos, cantores profissionais, sendo 15 do gênero feminino e 18 do gênero masculino, com idade entre 22 a 58 anos, sem queixas vocais autorreferidas, sem lesões vocais detectadas em avaliação otorrinolaringológica, além de não ter contraindicações para laserterapia. Para que desempenho vocal pudesse ser investigada, todos os participantes responderam os protocolos de autoavaliação vocal: Índice de Desvantagem do Canto Moderno (IDCM) e Índice de Fadiga Vocal (IFV). Após o preenchimento dos protocolos, houve gravação vogais sustentadas /ε/ e /a/, contagem de 1 a 10, além da emissão de uma fala espontânea. De forma aleatória, os participantes foram divididos três grupos: o grupo 1 foi submetido ao laser de baixa potência com comprimento de onda vermelho e infravermelho, com dose de 5J em 5 pontos da laringe antes de cantar; o grupo 2 recebeu laser placebo antes de cantar e o grupo 3 não recebeu laser. A tarefa vocal foi cantar durante 45 min em forte intensidade em três momentos de 15min cada, com descanso de 5min entre eles. Após o canto, houve nova gravação das vogais, contagem de 1 a 10, além da emissão de fala espontânea. Os participantes responderam novamente o protocolo IFV, além da Escala de Avaliação da Habilidade para Cantar Facilmente (EASE-BR) imediatamente após, 4 e 24 horas depois. **Resultados:** Os participantes que receberam laser tiveram menor pontuação no EASE-BR e aumento no tempo máximo de fonação (TMF), se comparado ao grupo placebo e que não recebeu aplicação de laser. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nos questionários IFV e IDCM. **Conclusão:** Concluiu-se que o uso do laser de baixa potência a 5J em 5 pontos da laringe apresentou resultados benéficos no que diz respeito ao desempenho vocal de uma possível fadiga em cantores populares, uma vez que os participantes que receberam a irradiação antes da performance, obtiveram melhores resultados em todos os momentos da investigação após o uso vocal intenso ao serem comparados com os grupos que não receberam aplicação do laser de baixa potência. O TMF, após uso

vocal, foi maior no grupo que recebeu laser e os grupos que não receberam irradiação tiveram seu TMF diminuído após uso vocal intenso.

Palavras-chave: Terapia de luz de baixa intensidade. Fadiga vocal. Canto. Hiperfunção vocal. Voz. Protocolos.

ABSTRACT

Introduction: Singers are professionals who display a high voice demand and a tendency to dysphonia. Vocal issues impact on singers will be completely different from the impact on individuals with low voice demand. **Objective:** Analyze the connection between the use of low-level laser and vocal performance on singers. **Methodology:** 33 professional singers took part on the study: 15 female, 18 male, aged between 22 and 58 years old, with no self-reported vocal complaints nor any vocal injuries detected through otorhinolaryngological evaluation or laser therapy contraindication. In order to investigate vocal performance, all participants answered the vocal self-evaluation protocols: Modern Singing Handicap Index (MSHI) and Vocal Fatigue Index (VFI). After the filling of protocols, there was a recording of the sustained vowels /ε/ and /a/, a counting from 1 to 10 and a spontaneous speech emission. The participants were randomly divided into three groups. Group 1 was submitted to low-level laser with red and infrared wavelength, with a dose of 5J on 5 larynx spots before singing; group 2 received placebo laser before singing; group 3 has not received laser. The vocal task was to sing through 45 minutes with high intensity, in three moments of 15 minutes each, with a 5 minute rest between them. After the singing, there was a new vowel recording, a new 1 to 10 counting and a new spontaneous speech emission. The participants answered again to the VFI protocol and to EASE-BR immediately after, 4 and 24 hours later. **Results:** Participants who received laser had a smaller punctuation on EASE-BR and an increase on Maximum Phonation Time (MPT) compared to the placebo group and to the group that has not received laser application. The study has not found any statistically meaningful differences on VFI or MSHI questionnaires. **Conclusion:** The study found that the use of low-level laser on 5 larynx spots with a dose of 5J showed a beneficial outcome possible vocal fatigue in popular singers, since participants who received irradiation before the performance had a better punctuation both immediately and 24 hours after intense vocal use, compared to the groups that have not received low-level laser. MPT, after intense vocal use, was higher on the group that received laser and the groups that have not received irradiation had their MPT diminished after intense vocal use.

Keywords: Low-level laser therapy. Vocal fatigue. Singing. Vocal hyperfunction. Voice. Protocols.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Propriedades das ondas eletromagnéticas	25
Figura 2: Propriedades das ondas eletromagnéticas	255
Figura 3: Representação do espectro eletromagnético.....	266
Figura 4: Emissão de uma lâmpada e de um laser.....	27
Figura 5: Luz branca x laser	29
Figura 6: Divergência de uma lâmpada comum, de uma lanterna e de um laser	29
Figura 7: Interação da luz com o tecido biológico	31
Figura 8: Profundidade de penetração na pele humana sadia para vários comprimentos de onda	32
Figura 9 : Penetração da luz no tecido dependendo do comprimento de onda	333
Figura 10: Esquema geral da morfologia de uma mitocôndria em corte longitudinal	34
Figura 11: Laser e síntese de ATP	366
Figura 12: Cadeia respiratória mitocondrial	377
Figura 13: Esquematização da lei de Arndt-Schultz	39
Figura 14: Modo de tratamento dependendo do tecido a ser tratado	400
Figura 15: Esquema das etapas da metodologia	54
Figura 16: Pontos que receberam luz vermelha e infravermelha, por meio do Laser de Baixa Potência, da marca DMC, modelo Therapy EC, registro na ANVISA 80030810156.....	566

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise descritiva da idade de cantores.....	58
Tabela 2: Análise descritiva do gênero de cantores	58
Tabela 3: Análise descritiva do tempo de canto profissional, frequência das apresentações (por semana) e duração da apresentação (horas) de cantores	58
Tabela 4: Análise descritiva do estilo de canto de cantores	59
Tabela 5: Análise descritiva do índice de desvantagem vocal no canto moderno de cantores	60
Tabela 6: Análise descritiva do tempo máximo de fonação de cantores	60
Tabela 7: Análise descritiva do índice de desvantagem vocal no canto moderno de cantores	61
Tabela 8: Análise descritiva do <i>Evaluation of the Ability to Sing Easily</i> em português brasileiro de cantores.....	61
Tabela 9: Comparação da idade, do tempo de canto profissional, da frequência das apresentações (por semana) e da duração da apresentação (horas) em função do grupo de intervenção em cantores.....	62
Tabela 10: Associação de gênero e estilo de canto com o grupo de intervenção em cantores	63
Tabela 11: Comparação do índice de desvantagem vocal no canto moderno em função do grupo de intervenção em cantores.....	66
Tabela 12: Análise descritiva da comparação do índice de fadiga vocal em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores	67
Tabela 13: Análise inferencial da comparação do índice de fadiga vocal em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores	68
Tabela 14: Análise descritiva da comparação do <i>Evaluation of the Ability to Sing Easily</i> em português brasileiro em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores	69
Tabela 15: Análise inferencial da comparação do <i>Evaluation of the Ability to Sing Easily</i> em português brasileiro em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores	700
Tabela 16: Análise descritiva da comparação do tempo máximo de fonação em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores	71

Tabela 17: Análise inferencial da comparação do tempo máximo de fonação em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores722

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Adenosina Trifosfato
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CCO	Citocromo c oxidase
CVM	Contração Voluntária Máxima
EASE	Escala de Avaliação da Habilidade para Cantar Facilmente (EASE)
FADH2	Flavina Adenina Dinucleotídeo
FBM	Fotobiomodulação
IDCC	Índice de Desvantagem do Canto Clássico
IDCM	Índice de Desvantagem do Canto Moderno
IFV	Índice de Fadiga Vocal
IVP	Infravermelho Próximo
LASER	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LLLT	<i>Low level Laser Therapy</i>
PBM	<i>Photobiomodulation</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TFD	Terapia Fotodinâmica
TFBM	Terapia por Fotobiomodulação
TLBP	Terapia com Laser de Baixa Potência
TMF	Tempo Máximo de Fonação
UNB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Voz cantada.....	19
2.2	Desempenho e Fadiga vocal	21
2.3	Laser	24
2.4	Variabilidade de potência	28
2.5	Efeitos do laser sobre o tecido	30
2.6	Autoavaliação	411
2.6.1	<i>Protocolos de autoavaliação</i>	422
2.6.2	EASE-BR	422
2.6.2.1	IFV	444
2.6.2.2	IDCM	45
2.7	Laser x Cantor	48
3	MÉTODOS	511
3.1	Etapas do estudo: assinatura do termo de consentimento TCLE, orientações sobre as etapas da pesquisa e avaliação vocal.....	522
4	METODOLOGIA	577
4.1	Análise de dados	577
5	RESULTADOS.....	58
5.1	DISCUSSÃO	722
6	CONCLUSÃO	866
	REFERÊNCIAS.....	877
	ANEXO A – PROTOCOLO EASE-BR.....	977
	ANEXO B – PROTOCOLO IFV	98
	ANEXO C – PROTOCOLO IDCM.....	99

1 INTRODUÇÃO

A voz é um dos principais meios de comunicação do ser humano e os distúrbios vocais têm se tornado cada vez mais frequentes em uma sociedade que usufrui do poder da comunicação.¹ Esses distúrbios vocais podem causar impactos importantes no bem-estar de um indivíduo, comprometendo suas atividades diárias e qualidade de vida. Dada sua posição anatômica, as pregas vocais são inerentemente suscetíveis a lesões. Acredita-se que o estresse de impacto perpendicular ao tecido das pregas vocais seja a causa mais direta de fonotrauma. Portanto, restringir a fonação de forma pós-traumática pode minimizar os estresses agravantes.² Alguns desvios vocais são aceitos socialmente e podem fazer parte dos atributos vocais, todavia, no caso específico dos cantores, podem constituir uma limitação profissional.³ Assim, o impacto dos problemas vocais em cantores será completamente diferente do que em outros indivíduos com baixa demanda vocal.⁴

Para as vozes artísticas, como as dos cantores, uma associação entre qualidade e demanda constitui-se no aspecto mais importante para a longevidade da carreira.⁵ Os indivíduos que utilizam a voz profissionalmente acabam por apresentar exigências maiores quanto à comunicação.⁶ Os cantores podem ser expostos a períodos de longa demanda física e vocal, além do aumento da possibilidade de fadiga.

A fadiga muscular é considerada como a incapacidade do músculo esquelético gerar níveis suficientes de força contrátil ou manter esses níveis ao longo do tempo para a realização de atividades funcionais. Esse processo pode ocorrer devido à

¹ Millas I, Dias FF, Menezes MHM et al. Disfonia: retrato de um grupo populacional na cidade de Guarulhos. *Distúrbios da Comunicação*. 2023; 34(4): e56561. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/56561>. Acesso em: 5 jul. 2023.

² Verdolini AK, Li NY, Branski RC, Rosen CA, Grillo E, Steinhauer K, Hebda PA. Vocal exercise may attenuate acute vocal fold inflammation. *J Voice*. 2012; 26:814 e1-814 e13.

³ Lien Y-As, Stepp CE. Comparison of voice relative fundamental frequency estimates derived from an accelerometer signal and low-pass filtered and unprocessed microphone signals. *J Acoust Soc Am*. 2014; 135:2977-85.

⁴ Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&lngpt&nrm=iso. Acesso em: 8 fev. 2018.

⁵ Behlau M, Moreti F, Pecoraro G. Condicionamento vocal individualizado para profissionais da voz cantada – relato de casos. *Rev. CEFAC*. 2014;16(5):1713-1722. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462014000501713&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 19 abr. 2023.

⁶ Cielo CA, Ribeiro VV, Hoffmann CF. Sintomas vocais de futuros profissionais da voz. *Rev CEFAC*. 2015;17(1):34-43.

saturação do sistema metabólico das células, o qual não gera a quantidade de energia para a manutenção da contratilidade muscular. Durante o exercício, a demanda energética muscular eleva-se, sendo necessária uma quantidade de Trifosfato de Adenosina (ATP) para suprir as necessidades no mecanismo de contração muscular. Além disso, a fadiga muscular funciona como um processo de defesa do organismo, na tentativa de impedir que as reservas de energia do corpo se esgotem.⁷

Os cantores de alta demanda vocal podem ser considerados como verdadeiros “atletas da voz”, tendo grande exigência da musculatura laríngea. A fadiga vocal no cantor gera decréscimo da frequência fundamental, aumento de rouquidão, diminuição da extensão vocal, aumento de dores na região laríngea, dentre outros sintomas que podem gerar efeitos deletérios durante a performance vocal.⁸

A sensação de esforço vocal é individual, podendo ser percebida de forma diferente de um indivíduo para o outro. Tais sensações individuais são impossíveis de se medir e de se comparar. Os mecanismos que contribuem para que o esforço vocal ocorra são variados e complexos, podendo ter influências cognitivo-comportamentais e influências fisiológicas. Portanto, para mensurar esse esforço vocal, é necessário contemplar dados da avaliação física do indivíduo e da sua autopercepção.⁹

Nos últimos anos, o laser terapêutico de baixa potência tem sido utilizado como um recurso contra a fadiga muscular. A terapia com laser infravermelho antes da atividade física de alta intensidade pode facilitar a remoção de lactato sanguíneo e, com isso, reduzir os danos musculares, proporcionando melhor desempenho dos atletas durante suas atividades.¹⁰

Segundo Kagan e Heaton¹¹, a terapia com luz de baixa potência é eficaz na redução da inflamação, promovendo a cicatrização de feridas e prevenindo danos nos tecidos, mas ainda não foi completamente estudada no tratamento de distúrbios da

⁷ Silva RMV. Efeitos imediatos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular após fadiga muscular induzida: Ensaio clínico, controlado, randomizado e cego. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012. Dissertação de Mestrado.

⁸ Boone DR. The singing/acting voice in the mature adult. J Voice. 1997;11(2):161-4.

⁹ Camargo MRM, Zambon F, Moreti F, Behlau M. Tradução e adaptação cultural e linguística da Adapted Borg CR10 for Vocal Effort Ratings para o português brasileiro. CoDAS. 2019;31(5):e20180112.

¹⁰ Maciel TS, Silva J, Jorge FS, Nicolau RA. A influência do laser 830 nm no desempenho do salto de atletas de voleibol feminino. Rev Bras Eng Bioméd. 2013;29(2): 199-205. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-31512013000200010&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 27 abr. 2018.

¹¹ Kagan LS, Heaton JT. The effectiveness of low-level light therapy in attenuating vocal fatigue. J Voice. 2017;31(3):384.e15-384.e23.

voz. A Laserterapia de Baixa Potência (LBP) na fadiga musculoesquelética é uma área de pesquisa relativamente nova, cujos parâmetros ideais de aplicação na musculatura laríngea não são completamente conhecidos.¹² A terapia a laser de baixa intensidade/terapia com laser de baixa potência é um procedimento terapêutico não invasivo que visa reduzir a inflamação e a dor, além de promover uma cicatrização mais rápida e a regeneração nervosa.¹³

Assim, faz-se fundamental a verificação do efeito do laser tanto na fadiga vocal quanto na recuperação pós-show de profissionais da voz. Tal levantamento favorecerá a eleição de abordagens terapêuticas mais eficazes para os cantores.

Considerando a importância e o interesse no estudo do trabalho com cantores, o presente estudo investiga a relação entre o laser de baixa potência e o desempenho vocal. O objetivo geral é analisar os efeitos da fotobiomodulação com laser de baixa potência no desempenho vocal de cantores

Os objetivos específicos são:

- a) verificar se a recuperação vocal é mais rápida em cantores submetidos à laserterapia;
- b) identificar se a dosagem de 5j (*j joules*) aplicadas em 5 pontos específicos da laringe melhora o desempenho vocal imediatamente após o uso vocal intenso;
- c) analisar se há modificação nos parâmetros de tempo máximo de fonação em cantores submetidos ao laser

¹² Leal Junior ECP, Nassar FR, Tomazoni SS, Bjordal JM, Lopes-Martins RAB. A laserterapia de baixa potência melhora o desempenho muscular mensurado por dinamometria isocinética em humanos. *Fisioter Pesqui.* 2010;17(4):317-321. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502010000400006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 abr. 2023.

¹³ Kagan LS, Heaton JT. The effectiveness of low-level light therapy in attenuating vocal fatigue. *J Voice.* 2017;31(3):384.e15-384.e23.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Voz cantada

Cantores são profissionais que fazem parte de uma categoria especial dentro dos distúrbios de voz, por possuírem uma elevada demanda e por apresentarem tendência a um grande risco de alterações vocais devido ao uso intenso da voz.^{14,15} Pequenas alterações vocais, imperceptíveis para outros pacientes, podem ser desastrosas para um cantor. O impacto de uma disfonia nesse grupo, geralmente, é grave, pois pode comprometer a longevidade da carreira.¹⁶ As informações do próprio paciente sobre sua função vocal proporcionam um dado essencial e único, não obtido por nenhum outro procedimento.^{17,18}

O profissional que usa a voz como fonte de trabalho tem uma exigência diferenciada. Vozes profissionais podem ser categorizadas em artísticas e não artísticas. Os ajustes no canto variam de acordo com o estilo, e alguns podem ser mais próximos aos da fala, como na MPB, enquanto outros exigem uma reconfiguração do trato vocal, muitas vezes, obtida após longos anos de treinamento, como no canto clássico.¹⁹

O canto é uma habilidade que pode ser desenvolvida por meio do aprendizado de ajustes vocais que envolvem fatores orgânicos, técnicos e psicológicos.²⁰ Dentre os estilos de canto, encontram-se o erudito e o popular. Em cantores, dominar a

¹⁴ Braun-Janzen C, Zeine L. Singers' interest and knowledge levels of vocal function and dysfunction: survey findings. *J Voice*. 2009;23(4):470-83.

¹⁵ Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&lngpt&nrm=iso. Acesso em: 12 dez. 2021.

¹⁶ Sataloff RT. Voice Impairment, Disability, Handicap, and Medical-Legal Evaluation. In: Sataloff RT, ed. *Professional Voice: The Science and the Art of Clinical Care*. 2nd. San Diego: Singular; 2005:1433-41.

¹⁷ Behrman A, Rutledge J, Hembree A, Sheridan S. Vocal hygiene education, voice production therapy, and the role of patient adherence: a treatment effectiveness study in women with phonotrauma. *J Speech Lang Hear Res*. 2008;51(2):350-66.

¹⁸ Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&lngpt&nrm=iso. Acesso em: 12 dez. 2021.

¹⁹ Behlau M, Moreti F, Pecoraro G. Condicionamento vocal individualizado para profissionais da voz cantada – relato de casos. *Revista CEFAC*. 2014, 16(5): 1713-22. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-021620147113>. Acesso em: 19 abr. 2023.

²⁰ Vieira RH, Gadenz CD, Cassol M. Longitudinal Study of Vocal Characterization in Choral Singing. *Rev CEFAC*. 2015;17(1):1781-91.

técnica de canto não significa que eles compreendem a anatomofisiologia do trato vocal para cada ajuste. Os sintomas vocais mais comuns nessa população são: rouquidão, dificuldade em agudos, pigarro constante, falhas na voz, perda da voz, garganta seca e voz fraca. Além dos sintomas, ajustes incorretos podem levar ao desenvolvimento de alterações na qualidade vocal. Para o cantor profissional, essas alterações podem causar um impacto na sua qualidade de vida, pois a voz é o seu instrumento de trabalho.

Alguns cantores costumam ter hábitos vocais inadequados. Isso ocorre principalmente com os cantores populares que, algumas vezes, têm hábitos prejudiciais para a voz, como etilismo, tabagismo e substâncias entorpecentes.²¹ Outro dado encontrado na literatura diz respeito à falta de conhecimento dos cantores sobre saúde e higiene vocal. Esse parâmetro também é considerado como uma das etiologias dos problemas de voz observados nesses profissionais. Dessa forma, ter conhecimento sobre saúde e higiene vocal poderá prevenir alterações vocais, permitir uma maior longevidade vocal para o canto e contribuir para um maior autoconhecimento, ajudando o cantor no desenvolvimento de sua carreira profissional.²²

Estudos acerca da percepção dos sintomas vocais e dos conhecimentos sobre saúde e higiene vocal em cantores, bem como se há associação entre eles, e se isso está relacionado ao estilo de canto ou ao sexo do cantor, fornecem evidências científicas relevantes para a prática tanto dos próprios cantores como dos profissionais que trabalham com esse público. É evidente o crescimento de produções científicas realizadas por fonoaudiólogos para compreender melhor a voz dos cantores, em busca de um maior gerenciamento, aconselhamento e atendimento preciso a essa população. Porém, estudos que comparem o canto popular com o erudito ainda é escassa. A hipótese é de que cantores eruditos têm mais percepção de sintomas vocais e mais conhecimento a respeito de saúde e higiene vocal do que

²¹ Zimmer V, Cielo CA, Ferreira FM. Vocal behavior of popular singers. Rev CEFAC. 2012;14(2):298-307.

²² Behlau M, Feijó D, Madazio G, Rehder MI, Azevedo R, Ferreira AE. Voz profissional: aspectos gerais e atuação fonoaudiológica. In: Behlau M, ed. Voz: o livro do especialista. 2nd. Rio de Janeiro: Revinter; 2005:287-372.

cantores populares.²³ No presente estudo, os cantores são do estilo canto popular e apresentam grande demanda vocal.

2.2 Desempenho e Fadiga vocal

A fadiga vocal pode ser definida como uma adaptação vocal negativa, autorrelatada pelo sujeito e derivada do uso prolongado da voz. Pode ser descrita também como o esforço sentido pelo indivíduo devido a um aumento da demanda vocal, o que melhora com um repouso vocal adequado. A presença de fadiga vocal é frequentemente caracterizada como uma síndrome global identificada por vários sintomas, como aumento da sensação de esforço, desconforto laríngeo, tensão no pescoço e nos ombros, dor no pescoço ou na garganta, pitch reduzido, perda da flexibilidade, controle vocal reduzido e dificuldade na projeção vocal.^{24,25}

A fadiga neuromuscular é definida como uma redução na capacidade de um músculo de sustentar a tensão sob estimulação repetida. No mecanismo vocal, a fadiga muscular na região laríngea, intrínseca e/ou extrínseca, pode resultar em uma redução na capacidade de manter a tensão nas pregas vocais e na estabilidade na postura laríngea.

Os processos de fadiga periférica envolvem o esgotamento de compostos energéticos (por exemplo, glicogênio e fosfatos de creatina) e o acúmulo de ácido láctico dentro dos músculos. Geralmente, a depleção de glicogênio está associada à contração muscular submáxima de longo prazo, considerando que o acúmulo de ácido láctico está associado à contração muscular máxima de curto prazo. Processos de fadiga envolvem a inibição de estimulação da unidade para os músculos pelo sistema nervoso central. Na contração submáxima prolongada, a tensão muscular é mantida

²³ Coelho JS, Moreti F, Pacheco C, Behlau M. Autopercepção de sintomas vocais e conhecimento em saúde e higiene vocal em cantores populares e eruditos. *CoDAS* [online]. 2020;32(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202018304>. Acesso em: 7 jan.2022.

²⁴ Abou-Rafée M, Zambon F, Badaró, F, Behlau, M. Fadiga vocal em professores disfônicos que procuram atendimento fonoaudiológico. *CoDAS* [online]. 2019;31(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018120>. Acesso em: 19 jan. 2022.

²⁵ Solomon N. Vocal fatigue and its relation to vocal hyperfunction. *Int J Speech Language Pathol*. 2008;10(4):254-66.

pelo recrutamento de unidades motoras adicionais à medida que outras começam a se cansar.^{26,27}

Relatos de desgaste da função vocal ao longo do tempo, como os listados como sintomas de pitch e controle vocal reduzidos, são comuns, embora os ouvintes não identifiquem tais mudanças. Pesquisas têm tentado identificar marcadores consistentes de fadiga vocal, mas esses marcadores são difíceis de se identificar, uma vez que a fadiga vocal pode ocorrer apesar de uma laringe de aparência normal e de uma voz de som normal. Assim, deve-se confiar no relato do paciente com voz de maior esforço e o alívio dos sintomas após o repouso.²⁸

Os decréscimos no desempenho vocal são mais complicados de se identificar devido à dificuldade de determinar um parâmetro particular que muda constantemente. Alguns pesquisadores evitam usar o termo fadiga vocal em seus estudos, preferindo as expressões “tarefa vocal fatigante”, “uso prolongado da voz”, “desafio vocal” ou “sobrecarga vocal”.

A gênese da fadiga vocal não é clara, mas, conforme um estudo de Titze²⁹, vários fatores biomecânicos e neuromusculares estão envolvidos, os quais incluem a fadiga dos músculos respiratórios e laríngeos, e mudanças nas propriedades viscosas das pregas vocais.^{30,31} A produção de voz é uma função humana que envolve a aceleração repetida e a desaceleração do tecido ao longo do tempo. Um estudo levantou a hipótese de que um número de mecanismos fisiológicos e biomecânicos pode contribuir para a fadiga vocal.³²

Um estudo que analisou a fadiga e a sonolência em aviadores demonstrou que a fadiga humana pode ser definida como o estado de desgaste que segue um período de esforço mental e/ou físico, caracterizado pela diminuição da capacidade de

²⁶ Welham NV, MacLagan MA. Vocal fatigue: current knowledge and future directions. *J Voice*. 2003;17(1):21-30.

²⁷ Verdolini-Marston K, Titze IR, Druker DG. Changes in phonation threshold pressure with induced conditions of hydration. *J Voice*. 1990;4:142-151.

²⁸ Solomon N. Vocal fatigue and its relation to vocal hyperfunction. *Int J Speech Language Pathol*. 2008;10(4):254-66.

²⁹ Titze IR. Vocal fatigue: some biomechanical considerations. In: Lawrence VL, ed. *Transcripts of the Twelfth Symposium: Care of the Professional Voice. Part One: Scientific Papers*. New York: The Voice Foundation; 1984:97-104.

³⁰ Solomon NP. Vocal fatigue and its relation to vocal hyperfunction. *Int J Speech Lang Pathol*. 2008;10(4):254-66.

³¹ Nanjundeswaran C, Jacobson BH, Gartner-Schmidt J, Abbott KV. Vocal Fatigue Index (VFI): development and validation. *J Voice*. 2015;29(4):433-40.

³² Titze IR. Vocal fatigue: some biomechanical considerations. In: Lawrence VL, ed. *Transcripts of the Twelfth Symposium: Care of the Professional Voice. Part One: Scientific Papers*. New York: The Voice Foundation; 1984:97-104.

trabalhar, de operar máquinas com segurança e de responder com eficiência a um estímulo (lentidão e aumento do tempo de reação e do poder de tomada de decisão, por causa, dentre outros fatores, da diminuição do estado de alerta). Os autores explicam que há dois tipos de fadiga humana, uma central e outra periférica (ou física) e a etiologia de ambos é multifatorial. O primeiro tipo é associado, ao menos em parte, à variação das concentrações de glicose sanguínea, de aminoácidos de cadeia ramificada e da síntese de alguns neurotransmissores. Já a fadiga periférica é atribuída, em parte, à redução nas concentrações mioplasmáticas de cálcio, o que compromete a tensão gerada pelas fibras durante as contrações musculares. Consequentemente, quando há fadiga, há um declínio de força muscular e da velocidade de contração muscular, bem como um aumento do tempo de latência para o seu relaxamento.³³

Poucos estudos desenvolveram instrumentos específicos para a autoavaliação da fadiga vocal, nenhum desenvolvido ou validado para o português brasileiro, fazendo-se necessária a adaptação cultural e linguística como o primeiro passo para a validação de tais instrumentos para o português brasileiro.³⁴ Na literatura sobre os mecanismos subjacentes à fadiga vocal, as abordagens para aliviar o sintoma são variáveis. A fadiga vocal tem sido definida de várias maneiras, sendo descrita como um conjunto de sintomas autopercebidos ou uma consequência fisiológica negativa para uma tarefa de carga vocal. Outras definições foram derivadas da literatura de fisiologia do exercício. Especificamente, a fadiga vocal tem sido definida como uma percepção do aumento progressivo do esforço fonatório e a perda das habilidades fonatórias. Recentemente, a fadiga vocal foi definida como uma diminuição quantificável da função, tanto no desempenho quanto na percepção, o que influencia o desempenho da tarefa vocal e é específico do indivíduo. Devido à multiplicidade de definições, é pertinente identificar medidas de desfecho apropriadas para entender esse sintoma. Portanto, é importante ter um instrumento de autorrelato confiável e válido para captar a percepção da fadiga vocal. Assim, um instrumento deve ser adaptado linguisticamente e culturalmente e validado em português brasileiro.³⁵

³³ de Vasconcelos CA, Vieira MN, Kecklund G, Yehia HC. Speech Analysis for Fatigue and Sleepiness Detection of a Pilot. *Aerosp Med Hum Perform*. 2019;90(4):415-418.

³⁴ Zambon F, Moreti F, Nanjundeswaran C, Behlau M. Equivalência cultural da versão brasileira do Vocal Fatigue Index – VFI. *CoDAS* [online]. 2017;29(2).

³⁵ Zambon F., Moreti F., Ribeiro VV, Nanjundeswaran C, Behlau M. Vocal Fatigue Index: Validation and Cut-off Values of the Brazilian Version. *Journal of Voice*. 2020 (In Press).

2.3 Laser

Na década de 1960, Endre Mester testou se a radiação a laser poderia causar câncer em camundongos, usando laser de baixa potência, com comprimento de onda de 694 nm, em um grupo de camundongos que teve o dorso depilado. Porém, ao invés de desenvolver câncer, no grupo tratado, o pelo cresceu mais rápido do que no grupo não tratado, sendo a primeira demonstração de bioestimulação do laser.

A Terapia óptica, Terapia com Laser (ou luz) de Baixa Potência (TLBP), bioestimulação ou fotobiomodulação, ou fototerapia, é um dos métodos terapêuticos mais antigos usados pelo homem. Historiadores reportam que civilizações antigas, como a egípcia, a grega e a asteca, conheciam os benefícios da exposição corporal à luz solar. Os egípcios usavam luz e extratos de plantas para tratar distúrbios da pele; e na Grécia, Heródoto observou que a exposição à luz solar poderia fortalecer os ossos. No entanto, a ação da luz nos tecidos animais e humanos foi pouco explorada até 1903, ano em que Niels Finsen ganhou o prêmio Nobel em Fisiologia e Medicina pelo tratamento de *lúpus vulgaris* (tuberculose cutânea) com luz ultravioleta próxima ao azul.

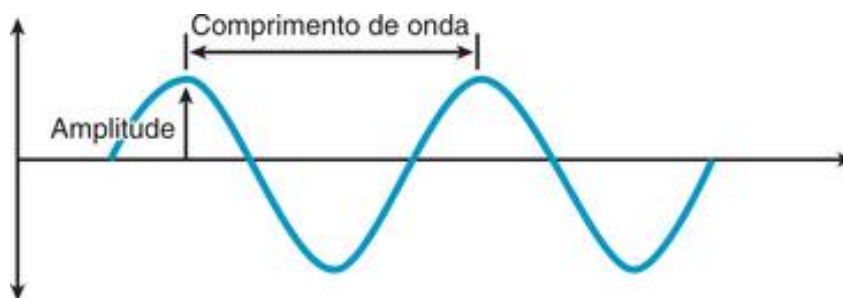
Apesar do prêmio Nobel em 1903 e de se saber que a exposição ao sol traz benefícios à saúde, como, por exemplo, na síntese de vitamina D, somente com o desenvolvimento do laser em 1960, por Theodore Maiman, que o uso da luz começou a ser efetivamente investigada como ferramenta terapêutica e diagnóstica para diferentes patologias. Laser significa *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, isto é, a amplificação da luz por emissão estimulada de radiação, cujos princípios teóricos foram descritos por Albert Einstein em 1917.³⁶

Para entender o funcionamento do laser de baixa potência, alguns parâmetros serão apresentados a seguir. A luz é uma forma de energia eletromagnética que existe como uma partícula que se desloca em ondas com uma velocidade constante. A unidade básica dessa energia radiante é denominada de fóton. Assim, as ondas de fótons deslocam-se à velocidade da luz e podem ser definidas por duas propriedades básicas: amplitude e comprimento de onda (1 e 2). A amplitude é definida como a altura vertical de uma onda, desde o eixo zero até seu pico, na medida em que se

³⁶ Nunez SC, Garcez AS, Ribeiro MS. Aplicação clínica do laser na Odontologia. São Paulo: Editora Manole; 2020.

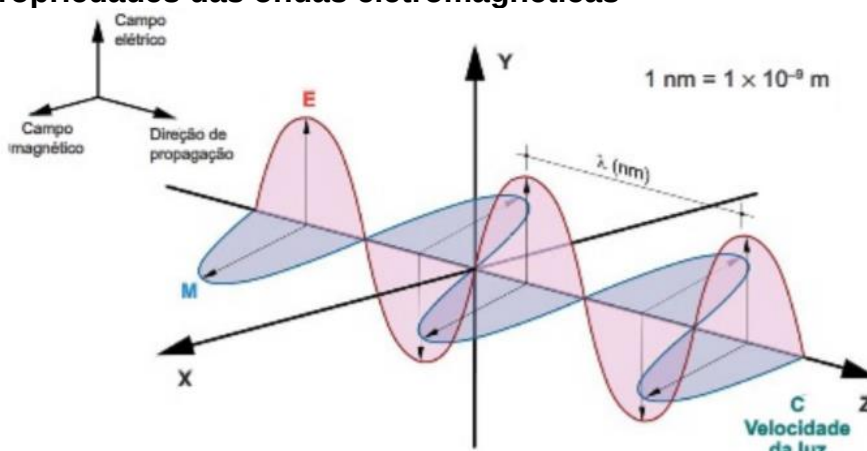
move em torno do seu eixo. Isso se correlaciona com a grandeza da intensidade dentro da onda: quanto maior a amplitude, maior a quantidade de trabalho potencial que pode ser realizado. O comprimento de onda é a distância horizontal entre duas partes adjacentes de uma onda. A unidade de energia é o joule (J).

Figura 1: Propriedades das ondas eletromagnéticas



Fonte: Convisar.³⁷

Figura 2: Propriedades das ondas eletromagnéticas



Esquema ilustrativo de uma onda se propagando no vácuo. E = campo elétrico; M = campo magnético; λ = comprimento de onda. (Fonte: arquivo pessoal.)

A distância entre duas cristas consecutivas ou vales consecutivos é denominada **comprimento de onda** (λ). O comprimento de onda caracteriza uma oscilação ou ciclo completo da onda, cuja unidade no SI é o metro (m) e seus múltiplos e submúltiplos. De acordo com a Figura 1.1, a unidade apresentada é o nanometro (nm), isto é, o submúltiplo 10^{-9} m.

Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.³⁸

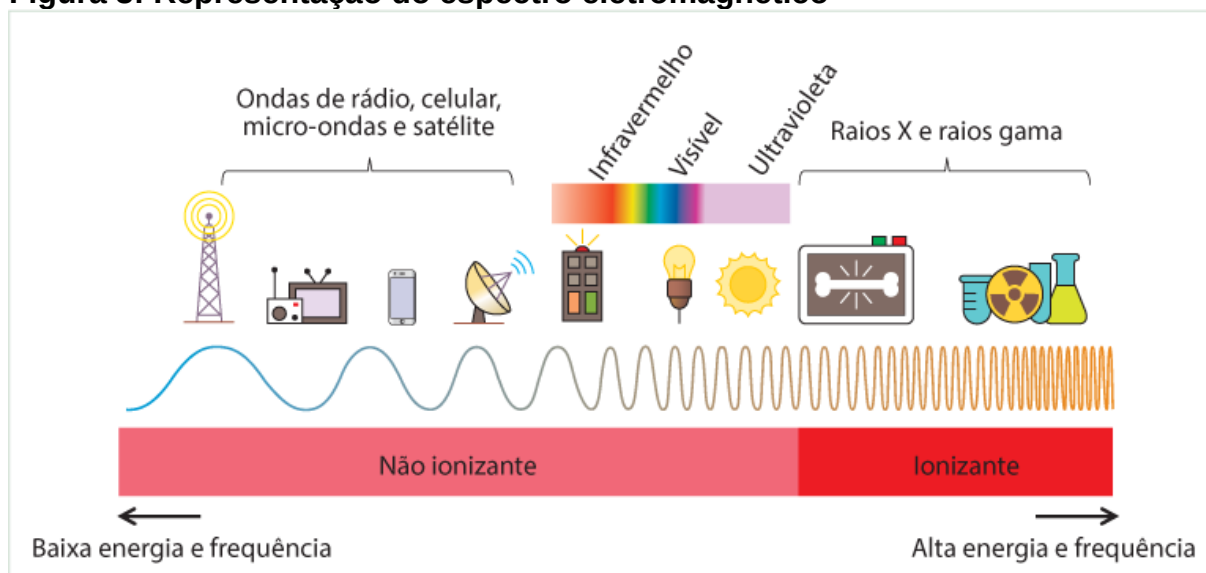
³⁷ Convisar R. Princípios e Práticas do Laser na Odontologia. São Paulo: Grupo GEN; 2011.

³⁸ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

A luz consiste em pequenos pacotes de energia chamados fótons, que se propagam no espaço na forma de ondas. O fóton não tem massa, por isso sua característica mais importante é a quantidade de energia que ele carrega, geralmente expressa em unidades de elétron-volts (eV). É a energia dos fótons individuais que determina o tipo de radiação eletromagnética, seja ao ouvir uma música no rádio, aquecer comida no micro-ondas ou conversar ao celular. Apesar de parecerem formas de energia diferentes, todas têm uma propriedade em comum: são fótons que se propagam através do espaço como ondas.

A energia associada à radiação varia bastante em todo o espectro eletromagnético (Figura 3). A energia do fóton é inversamente proporcional ao comprimento da onda e diretamente proporcional à sua frequência de oscilação, ou seja, quanto maior o comprimento de onda, menos energia a onda carrega e maior seu número de oscilações por segundo. Convencionou-se utilizar a unidade de frequência para as ondas de rádio (mega-hertz, MHz, 10^6 Hz). Para a radiação ultravioleta, visível e infravermelha, utiliza-se a unidade do comprimento de onda (micrometro – nanômetro, μm – nm , 10^{-6} – 10^{-9} m). Para fontes de raios X e raios gama, a unidade de energia (quiloelétron-volt, KeV, 103 eV) é a mais usada.³⁹

Figura 3: Representação do espectro eletromagnético



Fonte: Nunez, Garcez, Ribeiro.⁴⁰

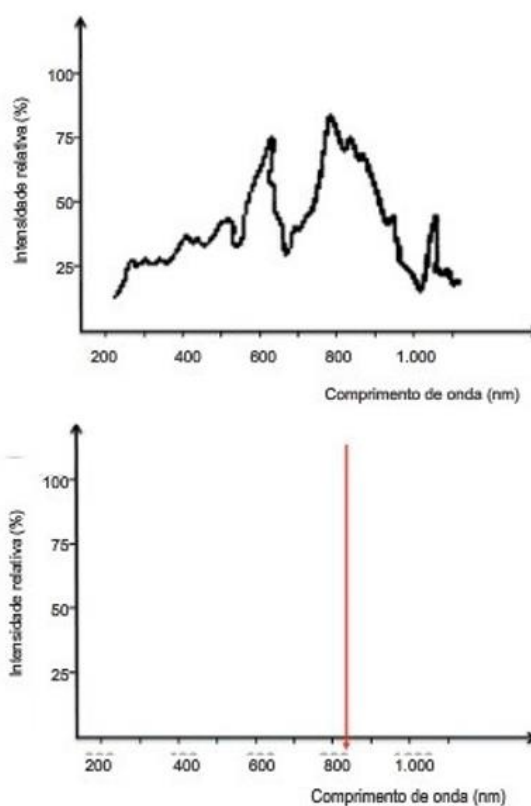
³⁹ Nunez SC, Garcez AS, Ribeiro MS. Aplicação clínica do laser na Odontologia. São Paulo: Editora Manole; 2020.

⁴⁰ Nunez SC, Garcez AS, Ribeiro MS. Aplicação clínica do laser na Odontologia. São Paulo: Editora Manole; 2020.

Os feixes de laser emitidos a partir de alguns instrumentos são *colimados* (todas as ondas paralelas entre si) ao longo de uma grande distância, porém feixes produzidos a partir de fibras ópticas (como lasers de Nd:YAG e diodo), geralmente, são divergentes na ponta. Todos podem ser precisamente focados e esse feixe de energia luminosa **monocromática** e **coerente** pode ser utilizado para se alcançar o objetivo do tratamento. O laser possui características que o distinguem de outras fontes e garantem entrega de energia. Essas características são: **colimação** (capacidade do laser em focar em um único ponto); **coerência** (capacidade dos fótons de viajarem de forma paralela no tempo e no espaço); **direcionalidade** (propriedade que garante que o laser não sofra divergência independente da fonte emissora); e **monocromaticidade** (propriedade do laser que garante que a energia emitida pelo equipamento possui um único comprimento de onda).

Exemplificando o exposto, uma lâmpada de 100 watts produzirá uma quantidade moderada de luz para a área de um quarto com algum calor (Figura 4).⁴¹

Figura 4: Emissão de uma lâmpada e de um laser



Esquema ilustrativo da emissão de uma lâmpada (acima) e de um laser com $\lambda = 830$ nm (abaixo). Note que a lâmpada branca emite do ultravioleta ao infravermelho próximo. (Fonte: arquivo pessoal.)

⁴¹ Convisar R. Princípios e Práticas do Laser na Odontologia. São Paulo: Grupo GEN; 2011.

Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.⁴²

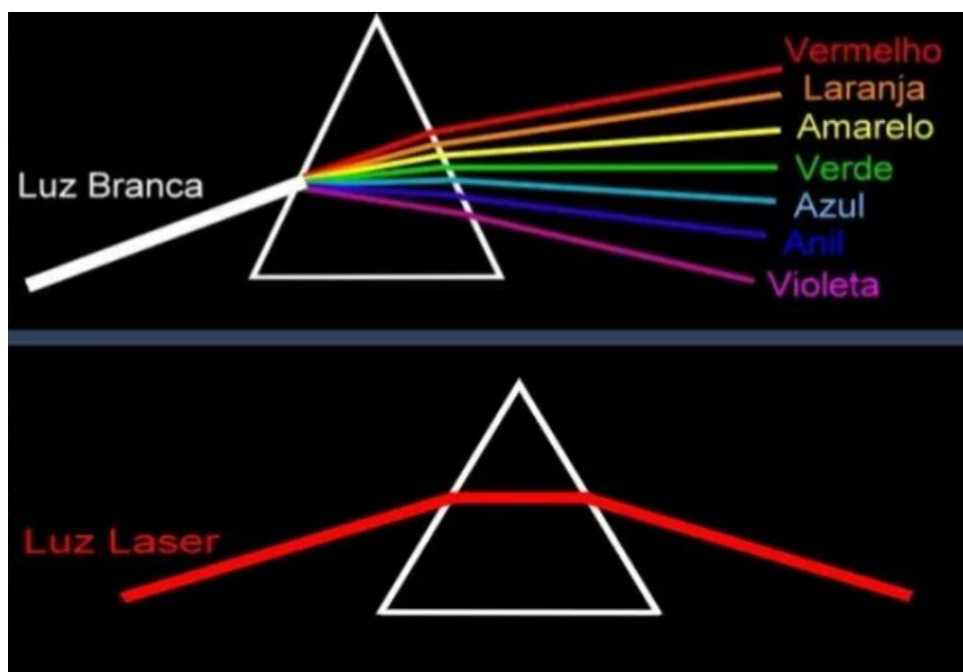
A luz comum, tal como a produzida por uma luminária de mesa, é, geralmente, de cor branca e quente. A cor branca observada pelo olho humano é, na verdade, a soma de várias cores do espectro visível: vermelho, amarelo, verde, azul e violeta. A luz é, comumente, difusa, não focada. A luz laser distingue-se da luz comum por duas propriedades. A luz laser é monocromática, pois gera um feixe de uma única cor, que é invisível se seu comprimento de onda se situa fora da porção visível do espectro. Além disso, cada onda de luz laser é coerente ou idêntica em tamanho físico ou forma. Isso significa que a amplitude e a frequência de todas as ondas de fótons são idênticas, o que resulta na produção de uma forma específica de energia eletromagnética focada (Figura 5).

2.4 Variabilidade de potência

Para o mesmo comprimento de onda, é possível ter diferentes potências de saída do equipamento e no mercado há diversos equipamentos. Neste estudo, utilizou-se o equipamento de 100mW.

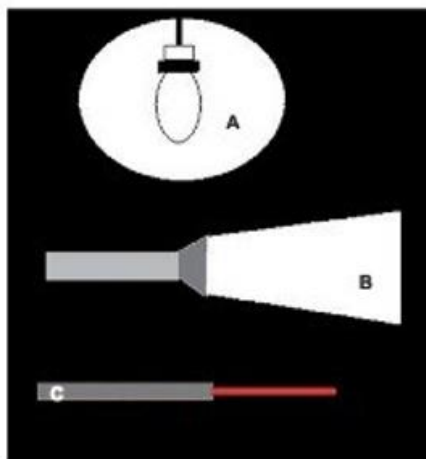
⁴² Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

Figura 5: Luz branca x laser



Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.⁴³

Figura 6: Divergência de uma lâmpada comum, de uma lanterna e de um laser



Esquema ilustrativo da divergência (a) de uma lâmpada comum; (b) de uma lanterna; (c) de um laser.

Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.⁴⁴

A utilização do laser se baseia em uma grande variedade de fenômenos associados à interação da luz com células e/ou tecidos biológicos. De acordo com as

⁴³ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

⁴⁴ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

características do equipamento e do tipo de interação com o tecido biológico, pode-se dividir as aplicações clínicas da fototerapia em duas grandes áreas: a terapia com lasers de alta potência, que emitem alta irradiância e promovem efeitos biológicos pela interação térmica com o tecido alvo; e a terapia com luz de baixa potência, que emite baixa irradiância e é caracterizada pela transformação da energia luminosa em energia física e/ou química, desencadeando uma cascata de eventos biológicos em nível molecular, até a resposta clínica macroscópica.

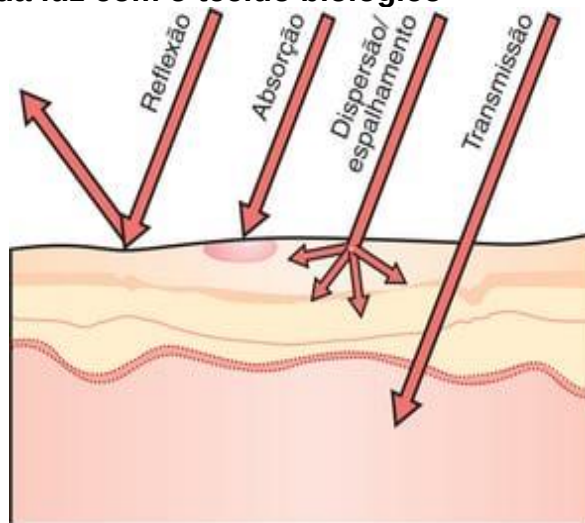
A exposição de um corpo ou tecido à radiação laser de baixa irradiância é responsável pelos efeitos não térmicos (efeitos fotofísicos, fotoquímicos e/ou fotobiológicos). Nesse caso, a irradiância utilizada é baixa o bastante para que a variação de temperatura do tecido tratado seja da ordem de 1°C. De fato, terapias não térmicas baseadas em luz estão evoluindo como tecnologias promissoras, pois são consideradas eficazes, não invasivas e econômicas. Essas plataformas terapêuticas abrangem principalmente a Fotobiomodulação (FBM) e a Terapia Fotodinâmica (TFD), que usam luz visível ou no Infravermelho Próximo (IVP) para induzir respostas biológicas sem efeitos significativos de aquecimento.⁴⁵

2.5 Efeitos do laser sobre o tecido

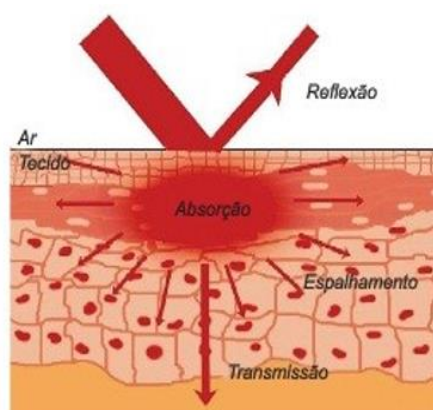
Dependendo das propriedades ópticas do tecido, a energia luminosa de um laser pode ter quatro diferentes interações com o tecido-alvo (Figuras 7 e 8), conforme descrito a seguir:

⁴⁵ Nunez SC, Garcez AS, Ribeiro MS. Aplicação clínica do laser na Odontologia. São Paulo: Editora Manole; 2020.

Figura 7: Interação da luz com o tecido biológico



Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.⁴⁶



Esquema ilustrativo da interação da luz com o tecido biológico.

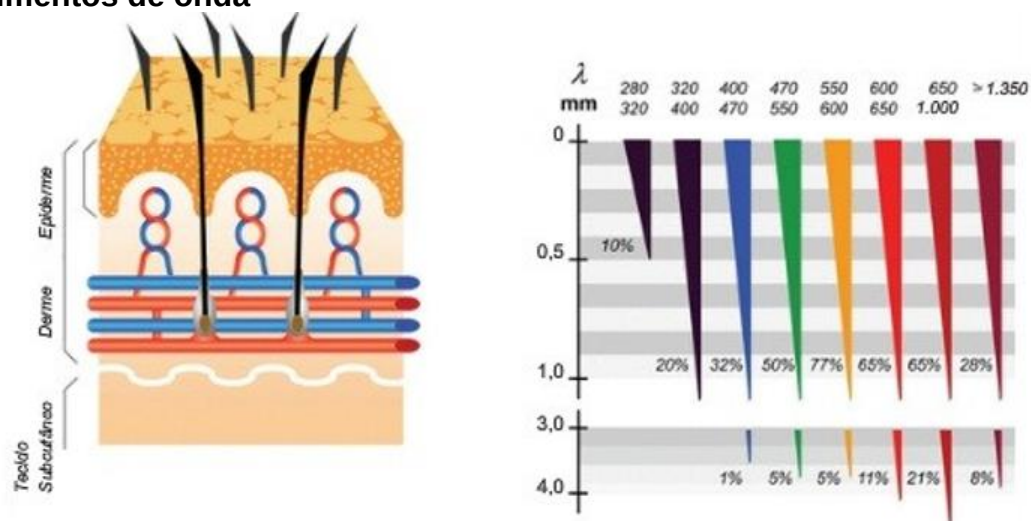
Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.⁴⁷

Cada cor corresponde a um determinado comprimento de onda, como se vê abaixo:

⁴⁶ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

⁴⁷ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

Figura 8: Profundidade de penetração na pele humana sadia para vários comprimentos de onda



Profundidade de penetração na pele humana sadia para vários comprimentos de onda.

Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.⁴⁸

Reflexão é simplesmente o feixe ser redirecionado para fora da superfície, sem efeito sobre o tecido-alvo. A luz refletida pode manter sua colimação em um feixe compacto ou pode se tornar mais difusa. A transmissão da energia laser passa diretamente através dele, sem efeito sobre o tecido-alvo. Esse efeito também é altamente dependente do comprimento de onda da luz laser. A água, por exemplo, é relativamente “transparente” (não absorve) em relação aos comprimentos de onda dos lasers de diodo e de Nd:YAG, enquanto fluidos teciduais prontamente absorvem érbio e CO₂ na superfície, de modo que uma quantidade mínima de energia é transmitida para os tecidos adjacentes.

A dispersão ou espalhamento da luz laser enfraquece a energia que se deseja liberar sobre o tecido. Dispersão é um evento predominante em lasers próximos ao infravermelho em tecido mole saudável. A dispersão faz com que haja uma mudança na direção dos fótons, o que leva a uma absorção aumentada, por causa das chances aumentadas de interação com o cromóforo predominante para tais comprimentos de onda.

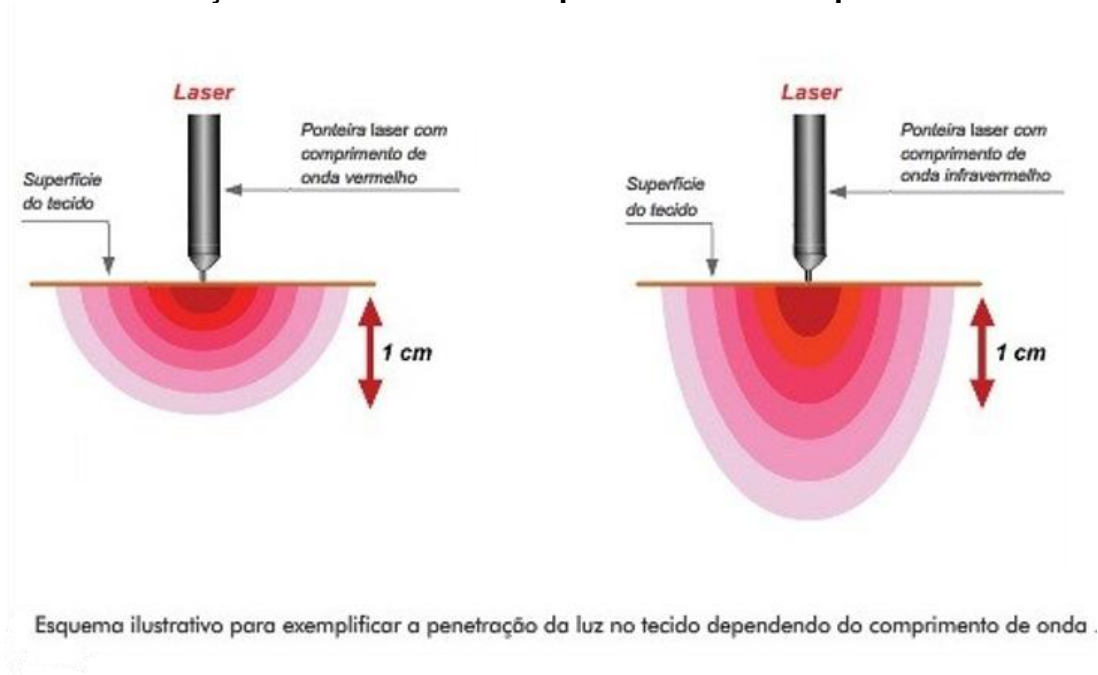
A absorção – a quantidade de energia absorvida pelo tecido – depende das características do tecido, tais como pigmentação e conteúdo em água, e do

⁴⁸ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

comprimento de onda do laser. Dessa forma, o objetivo principal e benéfico da energia laser é a absorção da luz laser pelo tecido biológico desejado.⁴⁹

Assim, para a Fotobiomodulação (FBM), a luz vermelha (600 a 700 nm) (superficiais) ou no infravermelho (700 a 1.000 nm) é comumente usada para otimizar a penetração da luz nos tecidos biológicos. Entre 600 e 1.000 nm, a absorção da luz pelos principais absorvedores do tecido biológico (água e sangue) é pequena, permitindo, assim, que a luz penetre mais profundamente no tecido. Nesse caso, a absorção dos fótons por componentes da cadeia respiratória celular (como o citocromo C oxidase) causa reações fotofísicas e fotoquímicas no interior das células, o que desencadeia vários efeitos biológicos, como a aceleração da cicatrização de feridas, a modulação do processo inflamatório e o alívio de dor, dependendo dos parâmetros da fonte de luz, do tecido-alvo e do tipo de afecção.

Figura 9: Penetração da luz no tecido dependendo do comprimento de onda



Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.⁵⁰

A primeira lei da fotobiologia esclarece que, para a luz visível de baixa potência ter qualquer efeito em um sistema biológico vivo, os fótons devem ser absorvidos pelas bandas de absorção eletrônica ou bandas de vibração molecular pertencentes

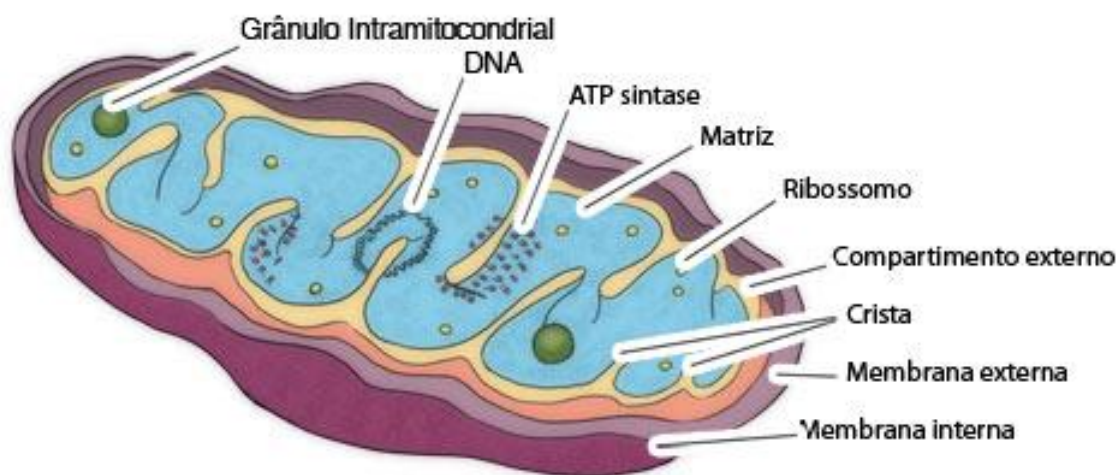
⁴⁹ Convisar R. Princípios e Práticas do Laser na Odontologia. São Paulo: Grupo GEN; 2011.

⁵⁰ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

a alguma molécula que age como cromóforo ou fotoreceptor. Em 1989, foi sugerido que o mecanismo da TLBP em nível celular, era baseado na absorção da radiação monocromática visível e no infravermelho próximo por componente da cadeia respiratória.⁵¹

A mitocôndria desempenha um papel importante na geração de energia e no metabolismo celular. Pesquisas recentes sobre o mecanismo dos efeitos da TLBP inevitavelmente envolvem mitocôndrias, que, geralmente, são descritas como “usinas de energia celular”, porque convertem moléculas de glicose em energia na forma de ATP, por meio do processo de fosforilação oxidativa. As mitocôndrias participam do processo de catabolismo, usando caminhos metabólicos que incluem o ciclo de Krebs, a oxidação de ácido graxo e a oxidação de aminoácidos.⁵²

Figura 10: Esquema geral da morfologia de uma mitocôndria em corte longitudinal



Fonte: USP.⁵³

Estudos apontam que esses resultados ocorrem devido à ação biomoduladora que a luz pode exercer sobre o organismo. Por meio do efeito fotoquímico, a energia luminosa absorvida por cromóforos⁵⁴ é transformada em energia química, que produz efeitos biológicos locais e/ou sistêmicos no organismo. Para os comprimentos de onda

⁵¹ Karu T. Laser bioestimulation: a photobiological phenomenon. J Photochem Photobiolol B. 1989; 3(4):638-40.

⁵² Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

⁵³ USP. E-disciplinas. Biologia celular. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/book/view.php?id=2433760&chapterid=19650>. Acesso em 22 fev. 2022

⁵⁴ Cromóforo é uma molécula (ou parte de uma molécula) que transmite cor ao composto do qual ele faz parte.

vermelho e infravermelho, a absorção ocorre principalmente na mitocôndria e interfere diretamente no processo de respiração celular, permitindo o influxo imediato de oxigênio, a retomada da cadeia respiratória e, conseqüentemente, a aceleração da síntese de ATP intracelular.^{55,56,57,58}

A ATP é um combustível universal dentro das células vivas que conduz todas as reações biológicas. Sabe-se que mesmo pequenas alterações no nível de ATP podem modificar significativamente o metabolismo celular. Aumentar a quantidade dessa energia pode melhorar o metabolismo celular, especialmente em células suprimidas ou doentes.^{59,60,61}

⁵⁵ Alves VMN, Furlan RMMM, Motta, AR. Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser therapy on muscle performance: an integrative literature review. Revista CEFAC. 2019;21(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921412019>. Acesso em: 15 jan. 2022.

⁵⁶ Kreisler M, Christoffers AB, Al-Haj H, Willershausen B, d'Hoedt B. Low level 809nm diodo laser induced in vitro stimulation of the proliferation of human gingival fibroblasts. Lasers Surg Med. 2002;30(5):365-9.

⁵⁷ Werneck CE, Pinheiro ALB, Pacheco MTT, Soares CP, Castro JLF. Laser light is capable of inducing proliferation of carcinoma cells in culture: A spectroscopic in vitro study. Photomed Laser Surg. 2005; 23(3):300-3.

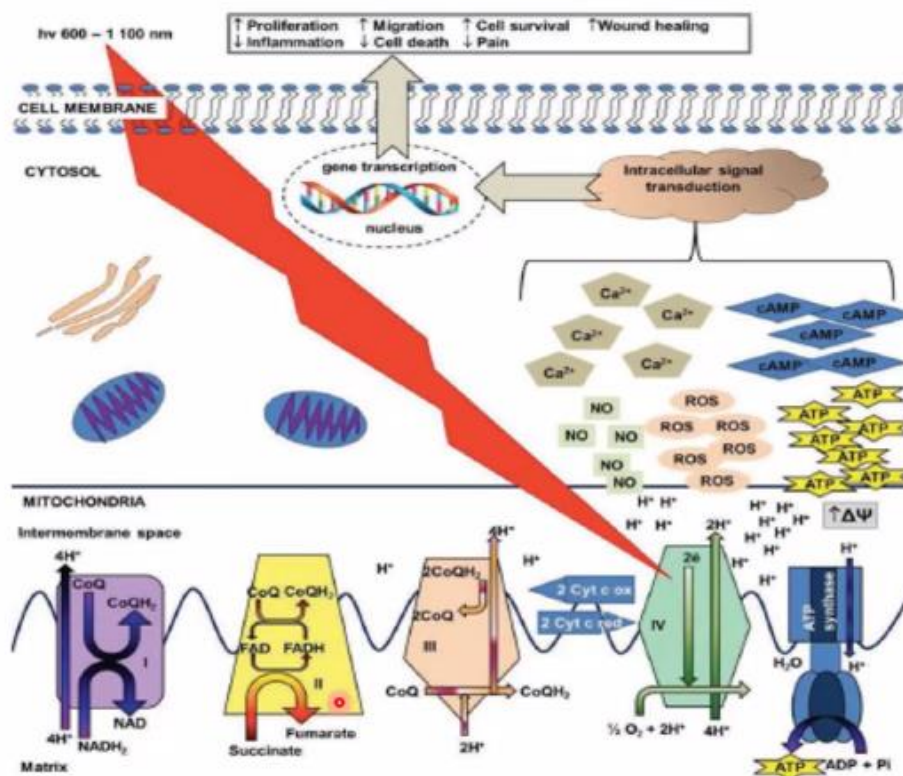
⁵⁸ Henriques ACG, Cazal, C, Castro, JFL. Ação da laserterapia no processo de proliferação e diferenciação celular: revisão da literatura. Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões. 2010;3(4):295-302. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69912010000400011>. Acesso em: 13 jan. 2022.

⁵⁹ Karu T. Mitochondrial Mechanisms of Photobiomodulation in Context of New Data About Multiple Roles of ATP. Photomedicine and Laser Surgery. 2010;28(2):159-160.

⁶⁰ Wong-Riley MT, Liang HL, Eells JT et al. Photobiomodulation directly benefits primary neurons functionally inactivated by toxins: role of cytochrome c oxidase. J. Biol. Chem. 2005;280:4761-71.

⁶¹ Eells J, Wong-Riley MT, VerHoeve J., Salzman MMH. Mitochondrial signal introduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy. Mitochondrion. 2004;4(5-6):559-67.

Figura 11: Laser e síntese de ATP



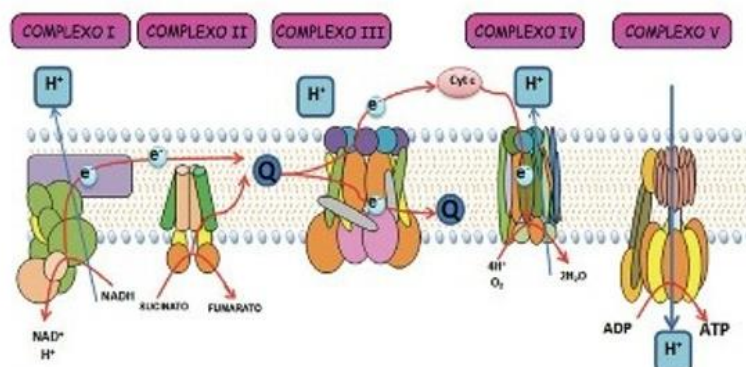
Fonte: Hamblin, Agrawal, Sousa.⁶²

A membrana mitocondrial interna contém cinco complexos de proteínas integrais: NADH desidrogenase (complexo I), succinato desidrogenase (complexo II), citocromo C redutase (complexo III), CCO (complexo IV) e ATP sintase (complexo V), além de duas moléculas que se difundem livremente. A cadeia respiratória realiza gradativamente a transferência de elétrons da NADH e da Flavina Adenina Dinucleotídeo (FADH_2) a moléculas de oxigênio para formar moléculas de água, aproveitando a energia liberada por essa transferência para o bombeamento de prótons (H^+) da matriz para o espaço intermembranar. O gradiente de prótons formado por meio da membrana interna nesse processo de transporte ativo forma uma reserva energética em miniatura. Os prótons podem fluir em sentido contrário a esse gradiente, reentrando na matriz somente por meio de outro complexo de proteínas integrais da membrana interna, o complexo ATP sintase⁶³, conforme se vê na figura abaixo:

⁶² Hamblin MR, Agrawal T, Sousa M. Handbook of Low-Level Laser Therapy. Singapore: Pan Stanford Publishing; 2017.

⁶³ Turrens JF. Mitochondrial formation of reactive oxygen species. J Physiol. 2003;552(Pt2):335-44.

Figura 12: Cadeia respiratória mitocondrial



Cadeia respiratória mitocondrial mostrando o transporte de elétrons pelos complexos 1-4, o complexo final 5 (ATP sintase) e o papel do citocromo c.

Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.⁶⁴

Foi proposto que o Citocromo C Oxidase (CCO) fosse fotoabsorvedor primário para o intervalo do vermelho ao infravermelho (IV) próximo em células mamíferas.⁶⁵ Outro estudo também sugeriu que o CCO é o cromóforo responsável pelos efeitos estimulantes com luz IV.^{66,67}

Karu⁶⁸ propõe que o CCO dentro das mitocôndrias serve como um fotoreceptor primário. O CCO é a enzima que catalisa a transferência de elétrons do citocromo C para o oxigênio molecular – a etapa final da cadeia respiratória mitocondrial é essencial para a disponibilidade sustentada de energia no interior das células.⁶⁹

A Terapia por Fotobiomodulação (TFBM) tem demonstrado resultados positivos na interação com tecidos biológicos, promovendo o aumento na produção de energia celular, devido, principalmente, à absorção de energia luminosa pelas mitocôndrias, estimulando, assim, a cadeia respiratória. Essa interação altera o potencial de redox do citoplasma e acelera o fluxo na cadeia de transporte de elétrons mitocondrial,

⁶⁴ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

⁶⁵ Karu TI, Kolyakov SF. Exact action spectra for cellular responses relevant to phototherapy. Photomed Laser Surg. 2005;23(4):355-61.

⁶⁶ Whelan HT, Buchmann EV, Dhokalia A, Kane MP, Whelan NT, Wong-Riley MT. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on molecular changes for wound healing in diabetic mice. J Clin Laser Med Surg. 2003;21(2):67-74.

⁶⁷ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

⁶⁸ Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. J Photochem Photobiol B. 1999;49(1):1-17.

⁶⁹ Geneva I I. Photobiomodulation for the treatment of retinal diseases: a review. Int J Ophthalmol. 2016;9(1):145-152.

aumentando a síntese de ATP, o que explica o melhor desempenho muscular verificado por alguns estudos após a TFBM.⁷⁰

O uso de lasers e do *Light Emitting Diode* (LED) como fontes de luz foi uma evolução promovida pelo desenvolvimento tecnológico da fototerapia, que é agora aplicada a milhares de pessoas pelo mundo. Na TLBP, a questão não é mais se a luz tem efeitos biológicos, mas, sim, como a energia de lasers terapêuticos e LEDs trabalha nos níveis celulares e do organismo como um todo, e quais são os parâmetros ótimos de irradiação para os diferentes usos dessas fontes de luz.⁷¹

É fundamental conhecer a potência de saída média do laser para o cálculo de densidade de energia a ser administrada. Quando se trata do laser pulsado, a potência varia entre um valor máximo e zero, de forma que a potência média do laser que é significativa para o cálculo da densidade de energia.

A **densidade de potência** (intensidade, irradiância ou taxa de fluência) é a potência de saída da luz, por unidade de área, geralmente medida por mW/cm^2 . Deve-se ter em mente que, para o cálculo da densidade de potência de uma fonte de radiação, deve-se considerar a seção transversal do feixe, conhecida como spot.

A **irradiância** é o quociente entre a potência radiante incidente sobre um elemento de superfície. É medida em W/m^2 .

A **taxa de fluência** é a razão entre a potência incidente em e a área da seção transversal da esfera. A unidade mW/cm^2 é comumente utilizada quando se usa laser de baixa potência.

A **intensidade** é definida como a potência radiante por unidade de ângulo sólido. Ela considera a direção de propagação da luz dentro do tecido, o que, ainda hoje, não se consegue prever. Assim, deve-se adotar a expressão densidade de potência, porque, na interação da luz com o tecido biológico, as únicas informações sabidas são a potência do laser e a área do spot (ou área da lesão). O cálculo deve ser feito com a potência transformada em W e a área em cm^2 .

A **densidade de energia** é a quantidade de energia por unidade de área transferida à matéria. A medida é feita em J/cm^2 :

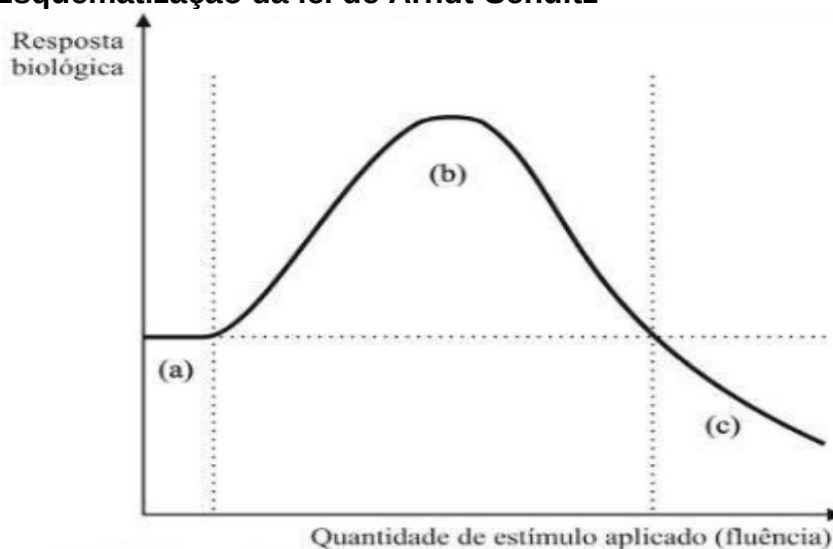
⁷⁰ Batista MR, Estrela LA, Alves VMN, Motta AR, Furlan RMM. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade e comprimentos de onda vermelho (660 nm) e infravermelho (808 nm) na fadiga eletromiográfica do músculo orbicular da boca: estudo clínico randomizado. CoDAS [online]. 2022;34(2). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020363>. Acesso em: 16 jan. 2022.

⁷¹ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

$$\text{Densidade de Energia } \left(\frac{J}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{tempo(s)} \times \text{potência(W)}}{\text{área (cm}^2\text{)}}$$

Na TLBP, a “Lei de Arndt-Schulz” é, frequentemente, relatada como um modelo adequado para descrever os efeitos dependentes dos parâmetros luz. Assim, se a irradiação é insuficiente, não haverá resposta, uma vez que um limite mínimo para desencadear os efeitos não foi alcançado. Se mais irradiação é realizada, o limite é ultrapassado e haverá bioestimulação. Por outro lado, quando a irradiação é muito maior do que o necessário, a estimulação desaparece e é substituída por biossupressão (inibição). Isto explicaria porque os resultados reportados na literatura são, algumas vezes, discordantes.

Figura 13: Esquemática da lei de Arndt-Schultz



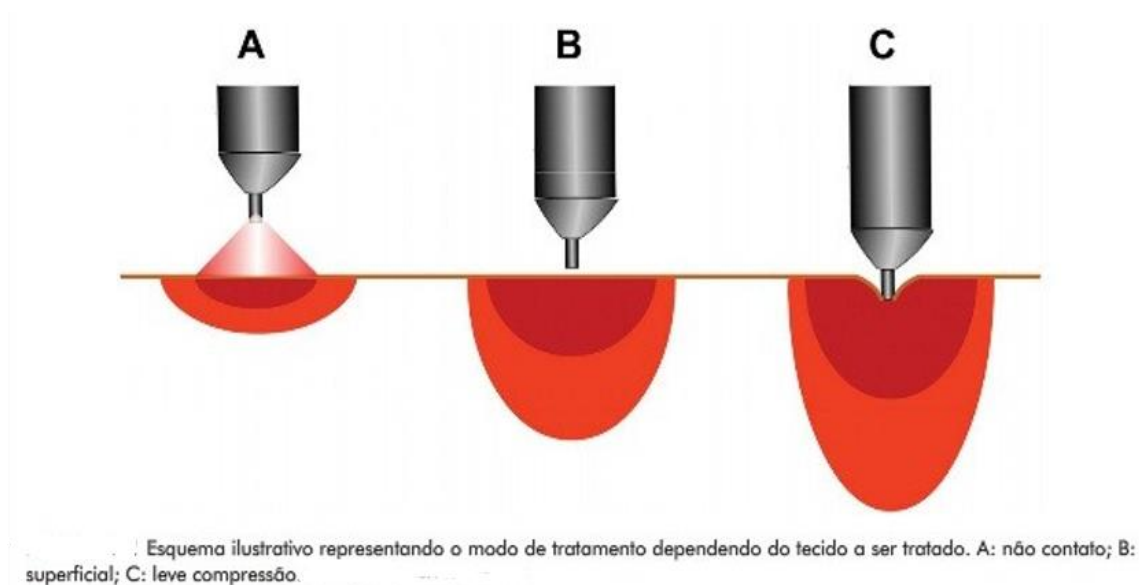
Fonte: <https://www.researchgate.net>.

Legenda: (a) representa a reserva – regeneração tecidual, (b) uma bioestimulação – modulação de processos inflamatórios/melhora da função (c) uma bioinibição – inibição.

É válido ressaltar que a interação da luz laser com os tecidos pode levar a diferentes resultados (estimulação ou inibição) dependendo de fatores diversos, tais como: comprimento de onda, dose, potência, tempo, número de irradiações,

propriedades ópticas dos tecidos e tipo de célula irradiada, além das características fisiológicas das células no momento da irradiação.⁷²

Figura 14: Modo de tratamento dependendo do tecido a ser tratado



Fonte: Garcez, Ribeiro, Núñez.⁷³

Ferraresi, Huang e Hamblin⁷⁴ observaram em seus estudos que os efeitos da terapia em fotobiomodulação são dependentes de diversos parâmetros, relativos ao número de pontos ou à disposição dos locais de irradiação nos músculos. Os autores sugerem irradiar o máximo possível da área muscular, mas evitando doses excessivas de luz (energia – J) por grupo muscular. Eles acreditam que seja necessário chegar a uma padronização dos parâmetros de irradiação da potência da luz (mW), da energia (J), da fluência (J/cm^2), da irradiância (mW/cm^2), do número de pontos de irradiação ou área irradiada, bem como dos dispositivos para a fotobiomodulação em configurações de esportes/exercícios.

⁷² Karu TI. Molecular mechanisms of therapeutic effect of low intensity laser irradiation. *Laser Life Sci.* 1988;2(1):53-74.

⁷³ Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. *Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia*. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

⁷⁴ Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR. Fotobiomodulação em tecido muscular humano: uma vantagem no desempenho esportivo. *J Biofotônica*. 2016;9(11-12):1273-99.

2.6 Autoavaliação

A autoavaliação de qualquer aspecto relacionado à voz contribui para a reflexão acerca do fenômeno vocal, aumenta a percepção do problema e permite a melhor compreensão sobre a comunicação em geral e o comportamento vocal do indivíduo, o que, muitas vezes, não é observável e nem relatado espontaneamente no ambiente clínico, além de trazer informações que não são obtidas por nenhuma outra dimensão avaliativa. A autoavaliação permite a inferência da percepção do paciente. Há vários instrumentos e construtos utilizados para verificar a autoavaliação da pessoa que apresenta queixas/problemas vocais que têm se tornado mais frequentes na clínica e em pesquisas.^{75,76}

Esses instrumentos e construtos abordam aspectos como o comprometimento da qualidade de vida em voz, sintomas relacionados a problemas na laringe e/ou na voz, percepção de desvantagem devido à alguma alteração vocal e o tipo de enfrentamento na disfonia, a adesão à terapia, dentre outros fatores.^{77,78} Geralmente, tais instrumentos e construtos são apresentados como questionários com perguntas fechadas, que representam uma estratégia rápida, não invasiva e de fácil manejo para obtenção de informações imprescindíveis na decisão do diagnóstico vocal. Muitos permitem a quantificação do impacto causado pela disfonia, avaliação da evolução do paciente e respaldo de decisões terapêuticas.^{79,80}

Esses protocolos, de maneira geral, foram construídos e validados no inglês americano⁸¹ e se configuram como instrumentos de medida, compostos por um conjunto de itens, cujas respostas são, comumente, categorias ordenadas em escala Likert, uma estratégia psicométrica amplamente utilizada que permite conhecer o nível de concordância do respondente, além de escalas nominais, dicotômicas ou ordinais,

⁷⁵ Gasparini G, Behlau M. Quality of life: validation of the Brazilian version of the voice-related quality of life (V-RQOL) measure. *J Voice*. 2009;23(1):76-81.

⁷⁶ Behlau B, Madazio G, Feijo D, Pontes P. Avaliação da voz. In: Behlau B, ed. *Voz: o livro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001:83-245.

⁷⁷ Costa T, Oliveira G, Behlau M. Validation of the Voice Handicap Index: 10 (VHI-10) to the Brazilian Portuguese. *CoDAS*. 2013;25(5):482-5.

⁷⁸ Moreti F, Zambon F, Oliveira G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the Voice Symptom Scale: VoiSS. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;23(4):398-400.

⁷⁹ Ribeiro MB, Gama ACC, Bassi IB, Teixeira LC. Parâmetros vocais, laríngeos e de autopercepção de professoras disfônicas: análise após tratamento fonoaudiológico. *Rev CEFAC*. 2013;15(3):616-41.

⁸⁰ Moreti F, Zambon F, Behlau M. Voice symptoms and vocal deviation self-assessment in different types of dysphonia. *Codas*. 2014;26(4):331-3.

⁸¹ Gasparini G, Behlau M. Quality of life: validation of the Brazilian version of the voice-related quality of life (V-RQOL) measure. *J Voice*. 2009;23(1):76-81.

intervalares e proporcionais. Pesquisadores brasileiros^{82,83,84} compreenderam rapidamente a relevância do uso de tais instrumentos e se comprometeram em adaptar culturalmente, traduzir e validar para o português brasileiro alguns desses questionários que se propõem a mensurar aspectos vocais, para contribuir na determinação da presença de um problema de voz.

Contudo, a autoavaliação da voz é uma ferramenta valiosa para inferir intervenções sobre a voz a partir das respostas da pessoa analisada, além de estimular o paciente a refletir sobre o impacto da voz em suas relações sociais e profissionais. Existem protocolos de autoavaliação para atividades de voz e públicos-alvo específicos. Assim, o fonoaudiólogo deve buscar aquele que melhor se adequa à situação do paciente em questão.⁸⁵

2.6.1 Protocolos de autoavaliação

2.6.2 EASE-BR

Na terapia fonoaudiológica, uma das principais ferramentas para a avaliação e o planejamento terapêutico é a percepção do paciente, que permite ao fonoaudiólogo detectar as necessidades vocais daquele indivíduo e, assim, eleger a conduta terapêutica mais adequada para aquele caso. A autoavaliação da voz é uma ferramenta valiosa para inferir intervenções sobre a voz com base nas respostas da pessoa analisada, além de estimular o paciente a refletir sobre o impacto da voz em suas relações sociais e profissionais. Existem protocolos de autoavaliação vocal para atividades vocais e públicos-alvo específicos. Desse modo, o fonoaudiólogo deve buscar aquele que melhor se adapta à situação do paciente em questão.

A *Evaluation of the Ability to Sing Easily* (EASE) é uma ferramenta recente de autoavaliação da voz e visa a percepção do cantor sobre sua voz cantada após uma apresentação, proporcionando, assim, um *status* imediato de prontidão vocal. Para

⁸² Oliveira GG. Estratégias de enfrentamento nos distúrbios de voz [Tese]. São Paulo (SP): Universidade Federal de São Paulo; 2009.

⁸³ Moreti F, Zambon F, Oliveira G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the Voice Symptom Scale: VoiSS. J Soc Bras Fonoaudiol. 2011;23(4):398-400.

⁸⁴ Almeida LN, Nascimento JA, Behlau M, Roseno AV, Aguiar A, Almeida, AA. Processo de validação de instrumentos de autoavaliação da voz no Brasil. Audiology – Communication Research [online]. 2021;26. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2020-2364>. Acesso em: 7 jan. 2022.

⁸⁵ Marchand DLP, Kavaliunas FS, Cassol, M. A Eficácia da Escala EASE no Desenvolvimento de um Programa de Aquecimento Vocal para um Coro Amador. Journal of Voice. 2017;33(3):310-6.

ser utilizado no português brasileiro, o protocolo passou por um processo de equivalência cultural de acordo com as normas internacionais e recebeu o nome de EASE-BR. O EASE-BR é um protocolo que permite verificar os possíveis *déficits* durante uma performance vocal. Sua aplicação durante a preparação de cantores é muito importante.⁸⁶

A maioria dos protocolos de autoavaliação vocal, com suas respectivas traduções, adaptações culturais e validações para o português brasileiro, ainda é direcionada para doenças específicas. Desse modo, não são adequados para uso com indivíduos de vozes saudáveis, como profissionais da voz, que merecem uma avaliação específica.⁸⁷ Para preencher essa lacuna, foi criado o protocolo *Evaluation of the Ability to Sing Easily* (EASE),⁸⁸ que avalia as percepções dos cantores sobre o estado de sua voz cantada após uma apresentação, o que proporciona um panorama imediato sobre o uso da voz. O EASE foi desenvolvido em inglês e, para o uso em outras línguas, precisou ser traduzido e culturalmente adaptado de acordo com as regras internacionais do *Scientific Advisory Committee of Medical Outcome Trust*. A utilização de protocolos não adaptados cultural e linguisticamente à população a ser estudada pode gerar resultados pouco confiáveis, devido à possível dificuldade de compreensão dos enunciados, principalmente diante de uma linguagem mais técnica.⁸⁹

O EASE é um protocolo específico para cantores, desenvolvido para ser sensível às sutilezas da voz dessa população. Seu uso é importante, visto que a maioria dos protocolos de autoavaliação de voz é direcionada para doenças específicas, não sendo adequados para indivíduos de vozes saudáveis.⁹⁰ O protocolo foi criado na Austrália, em 2013, para cobrir a necessidade de avaliação imediata de vozes saudáveis, especificamente para a voz cantada.

⁸⁶ Marchand DLP, Kavaliunas FS, Cassol M. The Effectiveness of the EASE Scale in the Development of a Vocal Warm-up Program for an Amateur Choir. *J Voice*. 2019 May;33(3):310-316.

⁸⁷ Rocha B, Moreti F, Amin E, Madazio G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the protocol Evaluation of the Ability to Sing Easily. *CoDAS*. 2014;26(6):535-9.

⁸⁸ Phyland DJ, Pallant JF, Benninger MS, Thibeault SL, Greenwood KM, Smith JA, et al. Development and preliminary validation of the EASE: a tool to measure perceived singing voice function. *J Voice*. 2013;27(4):454-62.

⁸⁹ Correa S, Leiva JPC, Ramírez DO, Farías NC. Equivalencia cultural de la versión Chilena del Evaluation of Ability to Sing Easily: EASE. *CoDAS* [online]. 2020;32(5). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192019204>. Acesso em: 02 jul. 2023.

⁹⁰ Moreti F, Zambon F, Oliveira G, Behlau M. Cross-cultural adaptation, validation, and cutoff values of the Brazilian version of the Voice Symptom Scale-VoiSS. *J Voice*. 2014;28(4):458-68.

Como o protocolo original, o EASE-BR permaneceu com 22 questões e quatro alternativas para marcação da frequência de ocorrência da situação descrita: “não”, “um pouco”, “moderadamente” e “muito”. Das 22 questões, 19 são itens com descritores usuais de fadiga e limitação vocais, e os três remanescentes são aspectos positivos e novos na literatura. O escore é uma soma simples dos 19 itens negativos, sendo 0=não, 1=um pouco, 2=moderadamente e 3=muito, com os três itens positivos (questões 6, 12 e 21) somados de forma reversa, a saber: 3=não, 2=um pouco, 1=moderadamente e 0=muito.^{91,92}

Assim, quanto menor a pontuação, melhor está a qualidade vocal. Ressalto que os itens “6” Minha voz cantada está boa*; “12” Minha voz soa cheia e ressoante* e “21” Se fosse preciso, eu poderia cantar novamente agora*, tem aspectos positivos e, por isso, contar a pontuação de forma reversa.

2.6.2.1 IFV

A fadiga vocal é uma percepção do indivíduo manifestada pelo aumento do esforço fonatório associado ao aumento da demanda vocal, que melhora com repouso vocal adequado. Existem várias definições de fadiga vocal na literatura, resultando em um aumento da dificuldade de se avaliar com precisão esse aspecto do ponto de vista do indivíduo. Um grupo de pesquisadores americanos desenvolveu e validou o Vocal Fatigue Index – VFI, um instrumento de autoavaliação respondido pelo paciente, elaborado à partir de um conjunto de sintomas que sinalizam a fadiga vocal e que colabora na identificação de indivíduos com esse problema. O protocolo americano apresenta 19 questões divididas em três domínios: fadiga e restrição vocal, desconforto físico associado à voz e recuperação dos sintomas com repouso.⁹³

O protocolo Índice de Fadiga Vocal (IFV) foi desenvolvido para investigar a sensação de fadiga vocal, sendo utilizada nesta pesquisa a versão validada e adaptada para o português brasileiro, que, diferentemente da versão original em

⁹¹ Correa S, Leiva JPC, Ramírez DO, Farías NC. Equivalencia cultural de la versión Chilena del Evaluation of Ability to Sing Easily: EASE. CoDAS [online]. 2020;32(5). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192019204>. Acesso em: 02 jul. 2023.

⁹² Rocha B, Moreti, F, Amin E, Madazio G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the protocol Evaluation of the Ability to Sing Easily. CoDAS. 2014;26(6):535-9.

⁹³ Portom VFA, Bezerra TT, Zambon F, Behlau M. Fadiga, esforço e desconforto vocal em professores após atividade letiva. CoDAS [online]. 2021;33(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202020067>. Acesso em: 10 dez. 2021.

inglês,⁹⁴ apresenta 17 questões, divididas em quatro domínios: fadiga e limitação vocal, restrição vocal, desconforto físico associado à voz e recuperação com repouso vocal. Maiores valores significam aumento dos sintomas, com exceção da recuperação com o repouso vocal, no qual os maiores valores significam maior recuperação vocal.⁹⁵ O cálculo do escore total é realizado por meio da seguinte fórmula: Total = Fator 1 + Fator 2 + Fator 3 + (12 – Fator 4). Os valores de corte para cada fator são 4,50 para fadiga e limitação vocal (fator 1), 3,50 para restrição vocal (fator 2), 1,50 para desconforto físico associado à voz (fator 3) e 8,50 para recuperação com repouso vocal (fator 4). Para o escore total, o valor que separa os indivíduos disfônicos dos vocalmente saudáveis é de 11,50(15). Destaca-se que pontuações mais altas para o fator 4 representam melhora dos sintomas de fadiga vocal com repouso, mas isso é distinto do que é observado nos demais fatores.^{96,97}

2.6.2.2 IDCM

Para que os protocolos de autoavaliação sejam instrumentos mais eficientes, eles devem ser específicos para doenças, populações, profissões etc. Os pesquisadores preocuparam-se em desenvolver protocolos específicos para determinados grupos, dentre eles, o da voz cantada. Os cantores parecem apresentar maior suscetibilidade a fatores que potencializam o comprometimento vocal. Tais distúrbios, somados a uma maior demanda vocal e/ou utilização de técnicas de canto inadequadas, resultam em fadiga vocal, a qual pode acarretar em disfonia, que, embora, na maior parte das vezes, não ofereça risco de vida ao indivíduo, pode comprometer seu rendimento no canto.⁹⁸ Assim, para a avaliação de qualidade de vida de cantores, foram desenvolvidos alguns protocolos direcionados para essa profissão, como o Índice de Desvantagem Vocal para o Canto (IDV-C), o Índice de Desvantagem Vocal para o Canto IDV-C 10, a Adaptação do Índice de Desvantagem

⁹⁴ Zambon F, Moreti F, Nanjundeswaran C, Behlau M. Equivalência cultural da versão brasileira do Vocal Fatigue Index–VFI. CoDAS. 2017;29(2):1-6.

⁹⁵ Murry T, Zschommler A, Prokop J. Voice Handicap in Singers. J Voice. 2009;23(3):376-9.

⁹⁶ Zambon F, Moreti F, Veis VR, Nanjundeswaran C, Behlau M. Vocal Fatigue Index: Validation and Cutoff Values of the Brazilian Version. J Voice. 2020 (In Press).

⁹⁷ Portom VFA, Bezerra TT, Zambon F, Behlau M. Fadiga, esforço e desconforto vocal em professores após atividade letiva. CoDAS [online]. 2021;33(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202020067>. Acesso em: 10 dez. 2021.

⁹⁸ Cohen SM, Jacobson BH, Garrett CG, Noordzij JP, Stewart MG, Attia A, et al. Creation and Validation of the Singing Voice Handicap Index. Ann Otol Rhinol Laryngol. 2007;116(6):402-6.

Vocal à Voz Cantada, o Índice de Desvantagem do Canto Moderno (IDCM) e o Índice de Desvantagem do Canto Clássico (IDCC), sendo esses dois últimos duas versões de um mesmo instrumento para contemplar aspectos específicos do canto moderno e do canto clássico, os quais possuem versões adaptadas para o português brasileiro.⁹⁹ Os escores dos três protocolos foram transformados em valores percentuais, para facilitar a comparação dos diferentes resultados, assim, os valores apresentados correspondem à porcentagem de desvantagem, e não aos escores brutos obtidos.

Paoliello, Oliveira e Behlau¹⁰⁰ analisaram a correlação entre o estilo musical e a desvantagem percebida e assinalada nos protocolos IDV-30, IDCM e IDV-C, por meio da correlação de Spearman. Foi produzida uma Matriz de Correlação com a determinação dos sinais de correlação (positivo ou negativo) e sua qualidade, além do Índice de Concordância Kappa, que mede o grau de concordância entre duas variáveis qualitativas (qualidade <20% = desprezível; 21 a 40% = mínima; 41 a 60% = regular; 61 a 80% = boa; acima de 81% = ótima).

O protocolo IDCM quantifica a desvantagem vocal nas atividades de canto causada por um problema de voz de qualquer natureza, com foco no canto moderno, seja ele de qualquer estilo. Quanto maiores as queixas, maior a possibilidade de os escores do IDCM apresentarem-se desvios, o que pode ser correlacionado à falta de domínio técnico e à alta demanda vocal de cantores populares e amadores, além de problemas de saúde vocal propriamente dita.¹⁰¹

O protocolo MSHI foi traduzido e culturalmente adaptado para o português brasileiro, como o IDCM, e aplicado individualmente. O IDCM é composto por 30 itens, distribuídos em três subescalas: incapacidade, desvantagem e defeito, que correspondem respectivamente aos domínios funcionais (exemplo: “Por causa do meu problema de voz, sou forçado a limitar meu tempo de estudo/ensaio”), emocionais (exemplo: “Fico preocupado quando me pedem para repetir um vocalize ou uma frase musical”) e orgânicos (exemplo: “Tenho problemas com o controle da respiração para o canto”). As respostas foram assinaladas em uma escala de Likert de cinco pontos

⁹⁹ Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;16(2):146-51.

¹⁰⁰ Paoliello K, Oliveira G, Behlau M. Singing voice handicap mapped by different self-assessment instruments. *CoDAS* [online]. 2013;25(05):463-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2317-17822013005000008>. Acesso em: 12 dez. 2021.

¹⁰¹ Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&lngpt&nrm=iso. Acesso em: 12 dez. 2021.

de acordo com a frequência de ocorrência: 0: nunca, 1: quase nunca, 2: às vezes, 3: quase sempre e 4: sempre. O IDCM apresenta quatro escores: incapacidade (funcional), desvantagem (emocional) e defeito (orgânico), cada um com valor máximo de 40 pontos e o total, composto pela somatória dos anteriores, com um desvio máximo de 120 pontos. Quanto maior a pontuação, maior a desvantagem percebida pelo indivíduo.¹⁰²

Quanto à aplicabilidade do IDCM e do IDCC, nota-se que, em ambos os protocolos, há referências a apresentações, shows, repertórios e outros aspectos que deixam clara a preocupação em se investigar o profissional que utiliza a voz cantada como instrumento de trabalho e não como *hobby* ou como forma de interação em um grupo social ou comunidade.

Moreti, Rocha, Borrego et al.¹⁰³ desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de verificar a sensibilidade do protocolo IDCM com a sua aplicação em cantores de coral amador, com e sem queixa vocal, e em indivíduos não cantores com características demográficas semelhantes. Os resultados indicaram maior desvantagem vocal em cantores com queixa em relação àqueles que relataram não ter problemas vocais e aos não cantores. Concluiu-se que o IDCM é sensível para avaliar cantores e, segundo os autores, pode ser utilizado no mapeamento de problemas vocais.

Já Ávila, Oliveira e Behlau¹⁰⁴ e Moreti, Rocha, Borrego et al.¹⁰⁵ consideram que é importante ter uma ferramenta para avaliar esse impacto e analisar o ponto de vista do próprio cantor sobre suas questões vocais, como os protocolos de autoavaliação intitulados Índice de Desvantagem Vocal para o Canto Clássico (IDCC), destinado ao cantor erudito, e o Índice de Desvantagem Vocal para o Canto Moderno (IDCM), elaborado para o cantor popular. Ambos apresentam uma estrutura comum com 30 afirmativas, divididas em três grupos, nomeados como incapacidade, desvantagem e defeito, que correspondem, respectivamente, aos domínios funcional (impacto da voz nas atividades profissionais), emocional (seus efeitos psicológicos) e orgânico

¹⁰² Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2011;16(2):146-51.

¹⁰³ Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2011;16(2):146-51.

¹⁰⁴ Ávila MEB, Oliveira G, Behlau M. Índice de desvantagem vocal no canto clássico (IDCC) em cantores eruditos. Pro Fono. 2010;22(3):221-6.

¹⁰⁵ Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2011;16(2):146-51.

(autopercepção da emissão vocal). Esses protocolos apresentam uma escala Likert de cinco pontos e, quanto maior a pontuação, maior é a desvantagem referida pelo cantor. Tais instrumentos têm se mostrado eficazes na verificação da percepção do indivíduo sobre sua desvantagem da voz cantada na atividade profissional.^{106,107,108}

2.7 Laser x Cantor

O cantor de alta performance, assim como os atletas, depende de seus hábitos e disciplina, para obtenção de resultados em sua performance. Para um atleta ou para um cantor, tanto o estado de saúde geral quanto os níveis de treinamento dos músculos envolvidos na tarefa desejada interferem na qualidade de sua atuação e nos níveis de fadiga e de recuperação.

Os cantores profissionais são atletas da voz e devem se submeter a treinos regulares, assim como adotar hábitos de vida condizentes com sua profissão. Nem todos os conceitos da fisiologia do exercício podem ser diretamente implementados para o treinamento da musculatura intrínseca da laringe, porém é importante considera-los em um programa de condicionamento vocal.

Os estudos que comparam a fisiologia muscular esquelética geral à fisiologia da musculatura intrínseca da laringe, são poucos e sugerem que, apesar das diferenças, há similaridades que permitem “emprestar” tal conhecimento para o treinamento vocal. Alguns aspectos comuns incluem tipos de fibra muscular, aspectos metabólicos, densidade capilar e junções musculares.¹⁰⁹

O treinamento muscular promoverá adaptações metabólicas, que estão associadas ao aumento da densidade de capilares dentro das fibras musculares e da quantidade de mitocôndrias celulares. Essas adaptações farão com que as células tenham maior suprimento sanguíneo e nutricional, promovendo uma produção local mais rápida de ATP (fonte de energia para as células musculares é a ATP e essas moléculas estão disponíveis em quantidades variadas dentro do músculo,

¹⁰⁶ Loiola-Barreiro C, Silva MAA. Índice de desvantagem vocal em cantores populares e eruditos profissionais. CoDAS [online]. 2016;28(05):602-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015226>. Acesso em: 12 dez. 2021.

¹⁰⁷ Prestes T, Pereira EC, Bail DI, Dassie-Leite AP. Desvantagem vocal em cantores de igreja. Rev CEFAC. 2012;14(5):901-9.

¹⁰⁸ Moreti F, Ávila MEB, Rocha C, Borrego MCM, Oliveira G, Behlau M. Influência da queixa e do estilo de canto na desvantagem vocal de cantores. J Soc Bras Fonoaudiol. 2012;24(3):296-300.

¹⁰⁹ Sandage MJ, Pascoe DD. Translating exercise Science into voice care. Perspectives on Voice and J Physioter. 2016;62(3):138-44.

dependendo do seu treino ou destreino) e otimizando, conseqüentemente, a eficiência muscular.¹¹⁰ O aumento na densidade capilar permite um descarregamento mais rápido do oxigênio circulante para o músculo em atividade.^{111,112,113}

O sistema muscular requer grande gasto energético, tanto para a contração quanto para o relaxamento e a manutenção do tônus corporal. Todo o mecanismo fisiológico requer um gasto energético, suprido pela degradação do ATP.¹¹⁴

Pesquisas recentes relacionadas à medicina do esporte têm investigado a ação da fotobiomodulação sobre o desempenho de músculos esqueléticos, com resultados bastante interessantes, como o aumento do número de repetições de determinada tarefa, do pico de força, da contração voluntária, da máxima, da atividade eletromiográfica e do tempo de início de fadiga.^{115,116} Tais achados justificam-se pela absorção da luz, que gera um aumento da síntese de ATP e da vascularização local, e contribui, conseqüentemente, para uma boa performance muscular quando irradiada antes do exercício.¹¹⁷

Considerando a alta performance da voz profissional, o aparelho fonador é testado quase que ao seu limite extremo, com riscos de fadiga, desgaste muscular e, em casos mais graves, até perda da função e surgimento de lesões. Por esse motivo, acredita-se que pode ser feita uma analogia dos benefícios do laser para a performance vocal.

No que diz respeito às doses ideais, ainda não foram encontrados na literatura estudos sobre os parâmetros de irradiação do laser na voz. Ao comparar doses de 1, 4 e 7J aplicadas em seis pontos do músculo orbicular do lábio, os pesquisadores

¹¹⁰ Lieber RL. Skeletal muscle structure, function & plasticity: The physiological basis of rehabilitation. Baltimore, MD: Lippincott, Williams & Williams; 2010.

¹¹¹ Sandage M. Muscle Fatigue Physiology Applied to Management of Voice Fatigue. Perspectives of the ASHA. Special Interest Groups SIG 3. 2018;3(1):7-11.

¹¹² Brooks G, Fahey T, Baldwin K. Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications. New York: MCGraw-Hill; 2005.

¹¹³ Vaiano T, Badaró F. Condicionamento vocal para o cantor de alta performance. In: Lopes L, Moreti F, Zambon F, Vaiano T. eds. Fundamentos e atualidades em voz profissional. Rio de Janeiro: Thieme Revinter Publicações LTDA; 2022.

¹¹⁴ Hall JE, Guyton AC. Guyton&Hall – Tratado de Fisiologia Médica.13nd. Rio de Janeiro: Elsevier; 2017.

¹¹⁵ Leal-Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, et al. Effect of phototherapy (low-level-laser therapy and light-emitting diode therapy)on exercise performance and markrs of exercise recovery: a systematic review withmeta-analysis. Lasers Med Sci. 2015;30(2):925-39.

¹¹⁶ Vanin A, Verhagen E, Barboza SD, et al. Terapia de fotobiomodualção para melhora do desempenho muscular e redução da fadiga muscular associada ao exercício em pessoas saudáveis: uma revisão sistemática e metanálise. Lasers Med Sci. 2018;33:181-214.

¹¹⁷ Miranda EF, Shaiane ST, Paiva PRV, et al. Whwn is the best moment to apply photobiomodulation triple-blinded, placebo-controlled clinical trial. Lasers Med Sci. 2018;33(4):719-27.

Mouffron, Furlan e Motta¹¹⁸ encontraram respostas significativas para uma melhor execução da tarefa de preensão após irradiação com 7J.

No estudo de Vanin, Verhagen e Barboza et al.¹¹⁹ encontrou-se respostas para o desempenho de músculos esqueléticos de 655 a 950nm, reforçando a possibilidade de escolha de comprimentos visíveis para a irradiação em laringe. Ainda segundo esse estudo, as doses mais utilizadas foram, respectivamente, 30, 7 e 4J. Porém, ressalta-se que, em sua maioria, grandes grupos musculares foram irradiados. Por serem os músculos laríngeos de menor espessura e profundidade, os autores sugerem que as aplicações sejam feitas considerando-se um intervalo dosimétrico de 4 a 8J por ponto.

A partir do exposto e levando-se em consideração todos os achados da literatura, o presente estudo utilizou o comprimento de onda vermelho e infravermelho com 5J por ponto em 5 pontos da região laríngea.

¹¹⁸ Mouffron V, Furlan RMMM, Motta AR. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade sobre o músculo orbicular da boca. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina [Internet]. 2019:78f.

¹¹⁹ Vanin A, Verhagen E, Barboza SD, et al. Terapia de fotobiomodulação para melhora do desempenho muscular e redução da fadiga muscular associada ao exercício em pessoas saudáveis: uma revisão sistemática e metanálise. *Lasers Med Sci.* 2018;33:181-214.

3 MÉTODOS

O presente estudo é experimental, randomizado, aprovado pelo comitê de ética da Faculdade de Saúde da Universidade de Brasília, CAAE: 17986619.0.0000.0030, e tem como objetivo analisar se a fotobiomodulação por meio do laser de baixa potência diminui a fadiga vocal após o canto quando aplicado sobre a musculatura laríngea antes da performance.

A amostra foi composta por 33 cantores profissionais (a partir de cálculo amostral prévio), sendo quinze do gênero feminino e dezoito do gênero masculino, com idades entre 23 e 58 anos, sem queixas vocais autorreferidas e sem lesões vocais detectadas na avaliação otorrinolaringológica e no exame de imagem (videolaringoscopia e/ou videolaringoestroboscopia), além de não apresentarem contraindicações absolutas para a laserterapia, conforme o manual dos fabricantes e a literatura específica.¹²⁰ São elas: fotossensibilidade, gravidez, glaucoma, lesão sem diagnóstico sobre a área a ser irradiada ou próxima a ela, infecção no local da aplicação, histórico de câncer e uso de marcapasso ou outro implante eletrônico. O laser utilizado no estudo foi o Laser de Baixa Potência, da marca DMC, modelo Therapy EC, com registro na ANVISA 80030810156. As etapas do estudo estão descritas de modo detalhado adiante. Foram excluídos da amostra os participantes que não completaram todas as etapas do estudo, que possuíam alguma das contraindicações anteriormente citadas e/ou alguma patologia vocal.

Os participantes, convidados por meio de divulgação em Escolas de Música do Distrito Federal, compareceram ao local da gravação por dois dias consecutivos, tendo cada visita a duração de, aproximadamente, 80 minutos. Após lerem e assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foi iniciada a coleta de dados na Escola de Canto em Brasília/DF.

¹²⁰ Navratil L, Kymplova J. Contraindications in noninvasive laser therapy: truth and fiction. J Clin Laser Med Surg. 2002 Dec;20(6):341-3.

3.1 Etapas do estudo: assinatura do termo de consentimento TCLE, orientações sobre as etapas da pesquisa e avaliação vocal

Cada um dos participantes selecionado foi orientado a responder à anamnese vocal, contendo informações referentes aos hábitos vocais diários, ao uso de medicamentos, se possui fotossensibilidade, glaucoma, lesão sem diagnóstico sobre a área a ser irradiada ou próxima a ela, infecção no local da aplicação, histórico de câncer, uso de marcapasso ou outro implante eletrônico e possibilidade de gravidez, no caso das mulheres.

Após o preenchimento da anamnese, os participantes foram solicitados a responder dois protocolos de autoavaliação vocal, o IDCM e IFV. O IDCM é composto por 30 itens, distribuídos em três subescalas: incapacidade, desvantagem e defeito. O IDCM apresenta quatro escores: incapacidade (funcional), desvantagem (emocional) e defeito (orgânico), cada um com valor máximo de 40 pontos e o total, composto pela somatória dos anteriores, com um desvio máximo de 120 pontos. Quanto maior a pontuação, maior a desvantagem percebida pelo indivíduo.

O protocolo Índice de Fadiga Vocal (IFV) foi desenvolvido para investigar a sensação de fadiga vocal, sendo utilizada nesta pesquisa a versão validada e adaptada para o português brasileiro, que, diferentemente da versão original em inglês,¹²¹ apresenta 17 questões, divididas em quatro domínios: fadiga e limitação vocal, restrição vocal, desconforto físico associado à voz e recuperação com repouso vocal. Maiores valores significam aumento dos sintomas, com exceção da recuperação com o repouso vocal, no qual os maiores valores significam maior recuperação vocal.¹²²

Como o protocolo original, o EASE-BR permaneceu com 22 questões e quatro alternativas para marcação da frequência de ocorrência da situação descrita: “não”, “um pouco”, “moderadamente” e “muito”. Das 22 questões, 19 são itens com descritores usuais de fadiga e limitação vocais, e os três remanescentes são aspectos positivos e novos na literatura. O escore é uma soma simples dos 19 itens negativos, sendo 0=não, 1=um pouco, 2=moderadamente e 3=muito, com os três itens positivos

¹²¹ Zambon F, Moreti F, Nanjundeswaran C, Behlau M. Equivalência cultural da versão brasileira do Vocal Fatigue Index–VFI. *CoDAS*. 2017;29(2):1-6.

¹²² Murry T, Zschommler A, Prokop J. Voice Handicap in Singers. *J Voice*. 2009;23(3):376-9.

(questões 6, 12 e 21) somados de forma reversa, a saber: 3=não, 2=um pouco, 1=moderadamente e 0=muito.^{123,124}

Após o preenchimento dos protocolos IDCM e IFV, todos os participantes tiveram suas vozes gravadas. As gravações foram realizadas individualmente e ordenadas da seguinte maneira: emissão de vogais sustentadas /ε/ e /a/, em tempo máximo de fonação, contagem de 1 a 10, além da emissão de uma fala espontânea por um minuto (fala espontânea: nome profissão, idade, estilo musical que canta e há quanto tempo), conforme o modelo proposto por Behlau.¹²⁵

Posteriormente à captação das amostras de voz, os participantes tiveram que cantar uma música selecionada pela pesquisadora¹²⁶ em forte intensidade (de 75 a 90dB – a pesquisadora monitorou constantemente e orientou os participantes a manterem uma faixa de intensidade entre 75 e 90 dB durante a gravação da voz cantada) por 45 minutos, divididos em três ciclos de 15 minutos de canto, alternados com cinco minutos de repouso de voz, ou seja, silêncio absoluto, totalizando 60 minutos.

Após cantarem por 45 minutos em alta intensidade, os participantes preencheram o questionário de autoavaliação EASE-BR, que avalia as percepções dos cantores sobre o estado de sua voz cantada após uma apresentação, oferecendo um panorama imediato sobre o uso da voz e, novamente, o IFV. Foram coletados emissão de vogais sustentadas /ε/ e /a/, em tempo máximo de fonação e contagem de 1 a 10.¹²⁷ Foi solicitado que os participantes respondessem ao questionário EASE-BR novamente quatro horas após a gravação e 24 horas depois.

¹²³ Correa S, Leiva JPC, Ramírez DO, Farías NC. Equivalencia cultural de la versión Chilena del Evaluation of Ability to Sing Easily: EASE. CoDAS [online]. 2020;32(5). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192019204>. Acesso em: 02 jul. 2023.

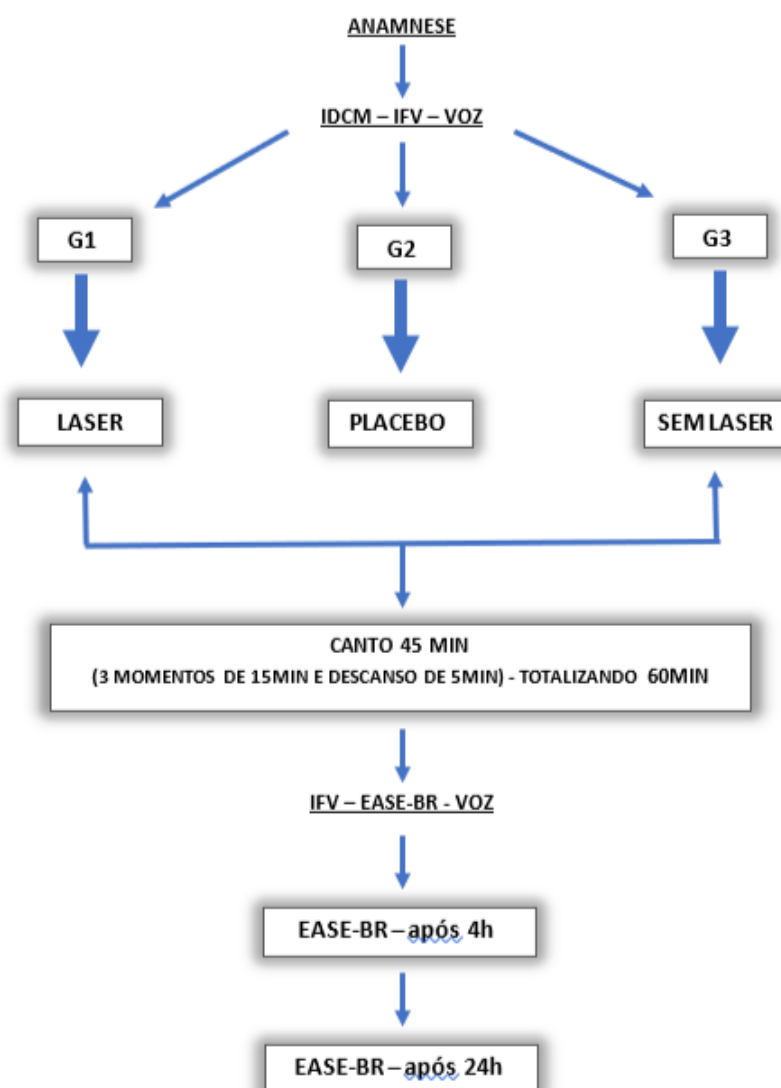
¹²⁴ Rocha B, Moreti, F, Amin E, Madazio G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the protocol Evaluation of the Ability to Sing Easily. CoDAS. 2014;26(6):535-9.

¹²⁵ Behlau M. Voz: o livro do especialista. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.

¹²⁶ Os participantes cantaram “Evidências”, composta por José Augusto e Paulo Sérgio Valle, música escolhida por ser conhecida por grande parte dos participantes.

¹²⁷ Behlau M. Voz: o livro do especialista. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.

Figura 15: Esquema das etapas da metodologia



Fonte: Elaborado pela autora

3.2 Avaliação da voz cantada

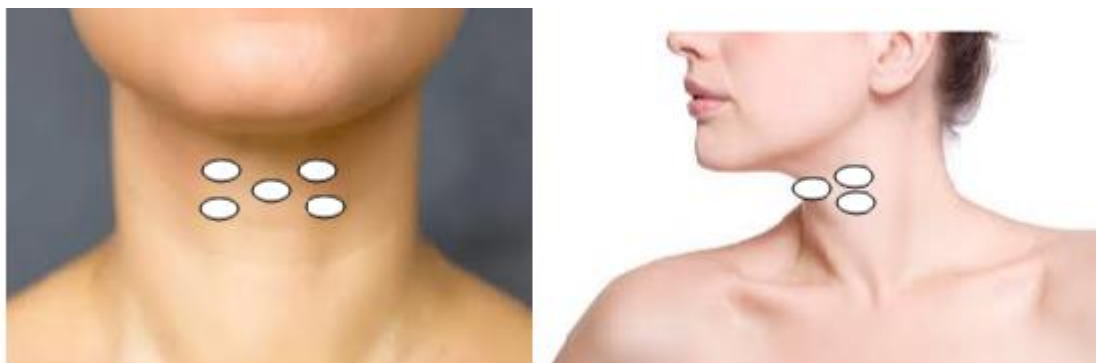
Todos os participantes passaram pelas etapas descritas na Figura 18. Nessa etapa, os participantes foram divididos de maneira aleatória em três grupos com quatro participantes cada: Grupo 1 (G1) Laser – participantes que, antes do uso da voz cantada por 45 minutos, receberam aplicação de laser de baixa potência na região da laringe (aplicação externa), com comprimento de onda vermelho junto ao infravermelho e, após, foram orientados a fazer repouso vocal; Grupo 2 (G2) Placebo – participantes que, antes do uso da voz cantada por 45 minutos, receberam aplicação

placebo de laser de baixa potência, ou seja, o equipamento foi ligado e desligado imediatamente, mas mantido na região da laringe (aplicação externa), pelo mesmo período de tempo, como se estivesse ligado e, após a gravação, foram orientados a fazer repouso vocal; e Grupo 3 (G3) sem laser – participantes que não receberam laser e, após cantar, foram orientados a fazer repouso vocal. Em todas as etapas, foi disponibilizada uma garrafa de 500 ml de água mineral, em temperatura ambiente, a todos os participantes, de modo que eles puderam se hidratar livremente.

Depois da gravação da voz cantada, os participantes dos grupos foram orientados a manter silêncio até 24 horas após, caso não fosse possível o silêncio, que anotassem quanto tempo fizeram uso da voz. A literatura aponta melhores resultados para o desempenho muscular corporal utilizando-se doses de 5 a 6 joules,¹²⁸ porém nenhum estudo foi realizado com o objetivo de verificar a diminuição no desempenho vocal por meio da recuperação da musculatura laríngea após o uso da voz cantada. Optou-se, neste trabalho, por utilizar a dosimetria de 5J, com as doses aplicadas sobre cinco pontos: na lâmina da tireoide, do lado direito e do lado esquerdo, tendo como referência cerca de 1cm da incisura tireóidea para baixo e 1cm para o lado, de forma a alcançar o nível aproximado das pregas vocais. O objetivo do posicionamento do aparelho nessa região é a fotobiomodulação, principalmente com efeito nos músculos cricotireoideo e tireoaritenoideo, além de toda a musculatura extrínseca e intrínseca da região. Buscou-se, com isso, que todos os pontos de aplicação fossem em direção às pregas vocais. Foram aplicados, em cada ponto, 5J de energia, com 50 segundos de irradiação em cada ponto, com 25J de energia no total, conforme a Figura 16 abaixo:

¹²⁸ Vanin A, Verhagen E, Barboza SD, et al. Terapia de fotobiomodulação para melhora do desempenho muscular e redução da fadiga muscular associada ao exercício em pessoas saudáveis: uma revisão sistemática e metanálise. *Lasers Med Sci.* 2018;33:181-214.

Figura 16: Pontos que receberam luz vermelha e infravermelha, por meio do Laser de Baixa Potência, da marca DMC, modelo Therapy EC, registro na ANVISA 80030810156



Fonte: <https://br.images.search.yahoo.com/search/image>; marcação de pontos elaborados pela autora

Em todos os grupos, a irradiação foi feita colocando-se a ponteira do equipamento em contato com a pele. O aparelho foi higienizado com álcool 70% e encapado com plástico filme, que foi trocado a cada participante. Seguindo as recomendações do fabricante e atendendo às normas de segurança estabelecidas pela ANVISA para equipamentos de Laser de Baixa Potência (Classe III), a avaliadora e os participantes usaram óculos de proteção durante todo o procedimento. De acordo com as classes de risco definidas pela ANVISA, o Laser de Baixa Potência se enquadra na Classe III. Isso significa que, se adotados os procedimentos corretos indicados por esse órgão, seu uso não oferece perigos à saúde do profissional. Para esses equipamentos, a medida de proteção é o uso dos óculos por terapeutas, pacientes e acompanhantes. Após a gravação da voz cantada, todos os participantes foram orientados a dormirem bem e a evitarem alimentos condimentados; anestésicos vocais, do tipo pastilhas e sprays; além de café, cigarro, refrigerantes e bebidas alcoólicas, por serem prejudiciais à voz, conforme proposto por Behlau.¹²⁹

É válido ressaltar que os participantes foram orientados quanto à possibilidade de não receberem aplicação do Laser de Baixa Intensidade durante a coleta dos dados, uma vez que dois grupos não foram submetidos ao laser. A seleção foi feita de forma aleatória. Os participantes foram divididos em grupos aleatoriamente, sem saberem, até o completo preenchimento dos protocolos de autoavaliação, a qual grupo pertenceriam, podendo não fazer parte do grupo que receberia o laser.

¹²⁹ Behlau M. Voz: o livro do especialista. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.

4 METODOLOGIA

4.1 Análise de dados

Os dados foram analisados de forma descritiva e inferencial. Foi utilizado o software SPSS 25.0. Considerou-se um nível de significância de 5% para as análises inferenciais.

Na análise descritiva das variáveis quantitativas foram calculadas as medidas de tendência central (média e mediana), variabilidade (desvio-padrão) e posição (mínimo, máximo, primeiro e terceiro quartis). Na análise descritiva das variáveis qualitativas nominais foram calculadas a frequência absoluta e a frequência relativa percentual.

A análise inferencial de associação entre a variável qualitativa nominal de múltiplas categorias grupo e as variáveis qualitativas nominais foi realizada com o teste Qui-Quadrado de Pearson.

A análise inferencial de comparação das variáveis quantitativas não normais em função da variável qualitativa nominal de múltiplas categorias grupo foi realizada com o Teste de Kruskal-Wallis. Nos casos em que houve diferença estatística no teste de Kruskal-Wallis foi realizada a comparação por pairwise e os valores de significância foram ajustados pela correção de Bonferroni para múltiplos testes.

A análise inferencial de comparação das variáveis dependentes quantitativas dependentes em função dos múltiplos grupos dependentes da variável momento, dos múltiplos grupos independentes da variável grupo e da interação entre elas, foi realizada com o teste ANOVA de medidas repetidas. Nos casos em que houve diferença estatística foi realizada a análise post hoc com Teste de Tukey e os valores de significância foram ajustados pela correção de Bonferroni para múltiplos testes.

5 RESULTADOS

Participaram do presente estudo 33 cantores com idade mediana de 29 anos, sendo 15 do sexo feminino e 18 do sexo masculino (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1: Análise descritiva da idade de cantores

Variável	Média	DP	Mínimo	Máximo	1Q	Mediana	3Q
IDADE	32,58	10,25	22,00	58,00	24,50	29,00	40,50

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: DP=desvio padrão; 1Q=primeiro quartil; 3Q=terceiro quartil

Tabela 2: Análise descritiva do gênero de cantores

Variável e categorias	n	%
GÊNERO		
Masculino	18	54,55
Feminino	15	45,45

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: n=frequência absoluta; %=frequência relativa

Considerando a amostra completa, a mediana do tempo de canto profissional foi de 10 anos, da frequência das apresentações foi de três por semana, e da duração da apresentação foi de duas horas (Tabela 3).

Tabela 3: Análise descritiva do tempo de canto profissional, frequência das apresentações (por semana) e duração da apresentação (horas) de cantores

Variável	Média	DP	Mínimo	Máximo	1Q	Mediana	3Q
Tempo de canto profissional	13,50	7,80	4,00	30,00	7,25	10,00	18,00
Frequência das apresentações (por semana)	2,97	1,03	1,00	5,00	2,00	3,00	4,00
Duração da apresentação (horas)	2,13	0,87	1,00	4,00	1,00	2,00	3,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: DP=desvio padrão; 1Q=primeiro quartil; 3Q=terceiro quartil

A Tabela 4, a seguir, mostra que os cantores cantavam 16 estilos de canto, sendo que em nenhum deles houve maior frequência de cantores que o utilizavam:

Tabela 4: Análise descritiva do estilo de canto de cantores

Variável e categorias	n	%
POP		
Não	29	87,88
Sim	4	12,12
MUSICAIS		
Não	32	96,97
Sim	1	3,03
BLUES		
Não	31	93,94
Sim	2	6,06
REGGAE		
Não	31	93,94
Sim	2	6,06
SERTANEJO		
Não	22	66,67
Sim	11	33,33
BOLERO		
Não	32	96,97
Sim	1	3,03
MÚSICA ITALIANA		
Não	32	96,97
Sim	1	3,03
BAILE		
Não	23	69,70
Sim	10	30,30
MPB		
Não	18	54,55
Sim	15	45,45
MUSICAL		
Não	30	90,91
Sim	3	9,09
FORRÓ		
Não	26	78,79
Sim	7	21,21
ROCK		
Não	30	90,91
Sim	3	9,09
JAZZ		
Não	29	87,88
Sim	4	12,12
PAGODE		
Não	30	90,91
Sim	3	9,09
GOSPEL		
Não	23	69,70
Sim	10	30,30
AXÉ		
Não	32	96,97
Sim	1	3,03

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: n=frequência absoluta; %=frequência relativa

A mediana do escore de desvantagem vocal percebida no canto moderno foi 4 no fator incapacidade; 3 no fator desvantagem; 9 no fator defeito e 17 no fator total, como se vê na Tabela 5:

Tabela 5: Análise descritiva do índice de desvantagem vocal no canto moderno de cantores

Variável	Média	DP	Mínimo	Máximo	1Q	Mediana	3Q
IDCM Incapacidade	6,27	5,20	0,00	19,00	3,00	4,00	10,00
IDCM Desvantagem	3,30	2,86	0,00	10,00	0,50	3,00	5,50
IDCM Defeito	8,94	6,28	0,00	26,00	4,50	9,00	12,00
IDCM Total	18,52	12,31	0,00	50,00	9,50	17,00	24,50

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: DP=desvio padrão; 1Q=primeiro quartil; 3Q=terceiro quartil

A média da relação s/z foi de 1,02 no M1 e de 1,03 no M2; do TMF de /a/ foi de 15,17s no M1 e de 14,97s no M2; e do TMF de /é/ foi de 15,71s no M1 e de 14,69s no M2, em cantores, conforme descrito na Tabela 6:

Tabela 6: Análise descritiva do tempo máximo de fonação de cantores

Variável	Momento	Média	DP	Mínimo	Máximo	1Q	Mediana	3Q
Relação s/z	M1	1,02	0,23	0,60	1,42	0,78	1,06	1,20
Relação s/z	M2	1,03	0,26	0,52	1,89	0,84	1,03	1,16
TMF /a/	M1	15,17	4,59	6,65	32,90	12,47	14,89	16,90
TMF /a/	M2	14,97	5,18	6,19	27,47	12,02	14,06	16,99
TMF /é/	M1	15,71	4,30	7,77	26,22	12,28	15,13	18,16
TMF /é/	M2	14,69	4,32	8,90	28,83	12,11	13,66	16,15

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: DP=desvio padrão; 1Q=primeiro quartil; 3Q=terceiro quartil

A média do escore de desvantagem vocal percebida no canto moderno foi de 2,52 no M1 e de 4,15 no M2 no fator 1; de 1,82 no M1 e de 2,52 no M2 no fator 2; de 1,12 no M1 e de 1,55 no M2 no fator 3; de 9,67 no M1 e de 9,85 no M2 no fator 4, e de 7,67 no M1 e de 10,36 no M2 no escore total em cantores (Tabela 7).

Tabela 7: Análise descritiva do índice de fadiga vocal no canto moderno de cantores

Variável	Momento	Média	DP	Mínimo	Máximo	1Q	Mediana	3Q
IFV fator 1	M1	2,52	2,77	0,00	10,00	0,00	2,00	4,50
IFV fator 1	M2	4,15	4,93	0,00	21,00	0,00	3,00	6,00
IFV fator 2	M1	1,82	1,99	0,00	7,00	0,50	1,00	3,00
IFV fator 2	M2	2,52	2,73	0,00	10,00	1,00	2,00	3,50
IFV fator 3	M1	1,12	1,24	0,00	4,00	0,00	1,00	2,00
IFV fator 3	M2	1,55	1,94	0,00	7,00	0,00	1,00	2,50
IFV fator 4	M1	9,67	3,21	3,00	12,00	7,00	11,00	12,00
IFV fator 4	M2	9,85	2,95	3,00	12,00	8,50	11,00	12,00
IFV total	M1	7,67	5,58	0,00	23,00	2,50	7,00	12,50
IFV total	M2	10,36	8,32	1,00	31,00	2,00	11,00	14,50

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: DP=desvio padrão; 1Q=primeiro quartil; 3Q=terceiro quartil

Observou-se o escore médio de percepção dos cantores sobre o estado de sua voz cantada foi de 11,36 no M1, 6,79 no M2 e 3,39 no M3 (Tabela 8).

Tabela 8: Análise descritiva do *Evaluation of the Ability to Sing Easily* em português brasileiro de cantores

Variável	Momento	Média	DP	Mínimo	Máximo	1Q	Mediana	3Q
EASE-BR	M1	11,36	10,58	0,00	38,00	2,50	10,00	16,50
EASE-BR	M2	6,79	5,63	0,00	20,00	2,00	6,00	12,00
EASE-BR	M3	3,39	3,92	0,00	15,00	0,00	3,00	5,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: DP=desvio padrão; 1Q=primeiro quartil; 3Q=terceiro quartil

Os cantores foram divididos em três grupos de intervenção: Laser – 11 participantes, com idade mediana de 35 anos, sendo cinco do sexo feminino e seis do sexo masculino; Placebo - 11 participantes, com idade mediana de 25 anos, sendo cinco do sexo feminino e seis do sexo masculino; Sem laser – 11 participantes, com idade mediana de 30 anos, sendo cinco do sexo feminino e seis do sexo masculino. Os grupos de intervenção foram homogêneos quanto as variáveis idade, tempo de canto profissional, frequência das apresentações, duração da apresentação, gênero e estilo de canto (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9: Comparação da idade, do tempo de canto profissional, da frequência das apresentações (por semana) e da duração da apresentação (horas) em função do grupo de intervenção em cantores

Variável	Grupo	Média	DP	Mínimo	Máximo	1Q	Mediana	3Q	H	gl	p-valor
Idade	Laser	34,00	9,66	22,00	46,00	25,00	35,00	45,00	1,33	2	0,514
	Placebo	30,91	11,70	22,00	58,00	23,00	25,00	40,00			
	Sem laser	32,82	10,04	22,00	57,00	26,00	30,00	38,00			
Tempo de canto profissional	Laser	16,55	9,59	6,00	30,00	8,00	12,00	25,00	2,00	2	0,368
	Placebo	11,73	8,05	4,00	30,00	7,00	8,00	16,00			
	Sem laser	12,10	4,28	5,00	18,00	9,00	11,00	15,75			
Frequência das apresentações (por semana)	Laser	3,09	0,94	2,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,56	2	0,754
	Placebo	3,00	1,00	1,00	5,00	3,00	3,00	3,00			
	Sem laser	2,80	1,23	1,00	5,00	2,00	2,50	4,00			
Duração da apresentação (horas)	Laser	2,55	0,69	2,00	4,00	2,00	2,00	3,00	5,92	2	0,052
	Placebo	2,18	0,87	1,00	3,00	1,00	2,00	3,00			
	Sem laser	1,60	0,84	1,00	3,00	1,00	1,00	2,25			

Fonte: Elaborada pela autora.

Teste de Kruskal-Wallis

Legenda: DP=desvio padrão; 1Q=primeiro quartil; 3Q=terceiro quartil; gl=graus de liberdade; H de Kruskal-Wallis

Tabela 10: Associação de gênero e estilo de canto com o grupo de intervenção em cantores

			Grupo			Total	X ²	gl	p-valor
			Laser	Placebo	Sem laser				
GÊNERO	Masculino	n	6	6	6	18	0,000	2	1,000
		%	54,5%	54,5%	54,5%	54,5%			
	Feminino	n	5	5	5	15			
		%	45,5%	45,5%	45,5%	45,5%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
POP	Não	n	10	9	10	29	0,569	2	0,752
		%	90,9%	81,8%	90,9%	87,9%			
	Sim	n	1	2	1	4			
		%	9,1%	18,2%	9,1%	12,1%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
MUSICAIS	Não	n	11	10	11	32	2,063	2	0,357
		%	100,0%	90,9%	100,0%	97,0%			
	Sim	n	0	1	0	1			
		%	0,0%	9,1%	0,0%	3,0%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
BLUES	Não	n	10	11	10	31	1,065	2	0,587
		%	90,9%	100,0%	90,9%	93,9%			
	Sim	n	1	0	1	2			
		%	9,1%	0,0%	9,1%	6,1%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
REGGAE	Não	n	10	10	11	31	1,065	2	0,587
		%	90,9%	90,9%	100,0%	93,9%			
	Sim	n	1	1	0	2			
		%	9,1%	9,1%	0,0%	6,1%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
SERTANEJO	Não	n	7	7	8	22	0,273	2	0,873
		%	63,6%	63,6%	72,7%	66,7%			
	Sim	n	4	4	3	11			
		%	36,4%	36,4%	27,3%	33,3%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
BOLERO	Não	n	10	11	11	32	2,063	2	0,357
		%	90,9%	100,0%	100,0%	97,0%			
	Sim	n	1	0	0	1			
		%	9,1%	0,0%	0,0%	3,0%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			

continua

continuação

		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
MÚSICA ITALIANA	Não	n	10	11	11	32	2,063	2	0,357
		%	90,9%	100,0%	100,0%	97,0%			
	Sim	n	1	0	0	1			
		%	9,1%	0,0%	0,0%	3,0%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
BAILE	Não	n	6	9	8	23	2,009	2	0,366
		%	54,5%	81,8%	72,7%	69,7%			
	Sim	n	5	2	3	10			
		%	45,5%	18,2%	27,3%	30,3%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
MPB	Não	n	7	4	7	18	2,200	2	0,333
		%	63,6%	36,4%	63,6%	54,5%			
	Sim	n	4	7	4	15			
		%	36,4%	63,6%	36,4%	45,5%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
MUSICAL	Não	n	10	10	10	30	0,000	2	1,000
		%	90,9%	90,9%	90,9%	90,9%			
	Sim	n	1	1	1	3			
		%	9,1%	9,1%	9,1%	9,1%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
FORRÓ	Não	n	9	9	8	26	0,363	2	0,834
		%	81,8%	81,8%	72,7%	78,8%			
	Sim	n	2	2	3	7			
		%	18,2%	18,2%	27,3%	21,2%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
ROCK	Não	n	10	10	10	30	0,000	2	1,000
		%	90,9%	90,9%	90,9%	90,9%			
	Sim	n	1	1	1	3			
		%	9,1%	9,1%	9,1%	9,1%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
JAZZ	Não	n	9	11	9	29	2,276	2	0,320
		%	81,8%	100,0%	81,8%	87,9%			
	Sim	n	2	0	2	4			
		%	18,2%	0,0%	18,2%	12,1%			
	Total	n	11	11	11	33			
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
PAGODE	Não	n	10	11	9	30	2,200	2	0,333

continua

continuação

Total	Sim	%	90,9%	100,0%	81,8%	90,9%			
		n	1	0	2	3			
		%	9,1%	0,0%	18,2%	9,1%			
		n	11	11	11	33			
GOSPEL	Não	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
		n	9	6	8	23	2,009	2	0,366
	Sim	%	81,8%	54,5%	72,7%	69,7%			
		n	2	5	3	10			
Total	Sim	%	18,2%	45,5%	27,3%	30,3%			
		n	11	11	11	33			
	Sim	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
		n	11	11	11	33			
AXÉ	Não	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
		n	10	11	11	32	2,063	2	0,357
	Sim	%	90,9%	100,0%	100,0%	97,0%			
		n	1	0	0	1			
Total	Sim	%	9,1%	0,0%	0,0%	3,0%			
		n	11	11	11	33			
	Sim	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
		n	11	11	11	33			

Fonte: Elaborada pela autora.

Qui-Quadrado de Pearson

Legenda: n=frequência absoluta; %=frequência relativa; gl=graus de liberdade

Não houve diferença na comparação da desvantagem vocal percebida no canto moderno em função do grupo de intervenção em cantores, mostrando homogeneidade entre os grupos (Tabela 11).

Tabela 11: Comparação do índice de desvantagem vocal no canto moderno em função do grupo de intervenção em cantores

Variável	GRUPO	Média	DP	Mínimo	Máximo	1Q	Mediana	3Q	H	gl	p-valor
IDCM Incapacidade	Laser	4,36	4,03	0,00	10,00	1,00	3,00	10,00	2,080	2	0,353
	Placebo	7,27	6,05	0,00	19,00	3,00	6,00	9,00			
	Sem laser	7,18	5,27	2,00	16,00	3,00	4,00	11,00			
IDCM Desvantagem	Laser	3,27	2,97	0,00	10,00	1,00	4,00	4,00	1,010	2	0,604
	Placebo	2,73	2,83	0,00	8,00	0,00	2,00	4,00			
	Sem laser	3,91	2,91	0,00	9,00	2,00	3,00	6,00			
IDCM Defeito	Laser	6,82	4,49	0,00	12,00	3,00	8,00	11,00	1,174	2	0,556
	Placebo	10,00	7,50	0,00	23,00	3,00	11,00	16,00			
	Sem laser	10,00	6,53	3,00	170,50	200,25	0,00	0,00			
IDCM Total	Laser	14,45	10,23	0,00	31,00	5,00	16,00	23,00	1,346	2	0,510
	Placebo	20,00	14,94	0,00	50,00	9,00	17,00	32,00			
	Sem laser	21,09	11,37	9,00	48,00	12,00	18,00	28,00			

Fonte: Elaborada pela autora.

Teste de Kruskal-Wallis

Legenda: DP=desvio padrão; 1Q=primeiro quartil; 3Q=terceiro quartil; gl=graus de liberdade; H=H de Kruskal-Wallis

As Tabelas 12 e 13, mostram a análise descritiva e inferencial da autopercepção de sintomas de fadiga vocal em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação, da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores. Houve diferença nos escores de autopercepção de sintomas de fadiga vocal no fator 1 ($p=0,014$) e no fator total ($p=0,022$) em função do momento, e no fator 3 em função da combinação entre grupo e momento ($p=0,008$). A análise de comparações múltiplas mostrou que houve aumento do momento 1 (M1), antes de cantar para o momento 2 (M2), após cantar, nos escores de autopercepção de sintomas de fadiga vocal do fator 1 ($p=0,014$) e do fator total ($p=0,006$), considerando a amostra completa de cantores, independentemente do grupo de intervenção. Já no fator 3, observou-se que apenas os cantores do grupo sem laser aumentaram os escores de autopercepção de sintomas de fadiga vocal do M1 para o M2 ($p=0,006$).

Tabela 12: Análise descritiva da comparação do índice de fadiga vocal em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores

Variável	Grupo	M1		M2		Total	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
IFV fator 1	Laser	2,18	0,84	2,27	0,76	2,23	0,32
	Placebo	2,27	1,05	4,91	2,02	3,59	0,32
	Sem laser	3,09	0,62	5,27	1,36	4,18	0,32
	Total	2,52	0,48	4,15	0,86	3,33	0,08
IFV fator 2	Laser	2,45	0,58	2,18	0,62	2,32	0,20
	Placebo	1,09	0,44	2,27	0,79	1,68	0,20
	Sem laser	1,91	0,73	3,09	1,06	2,50	0,20
	Total	1,82	0,35	2,52	0,47	2,17	0,05
IFV fator 3	Laser	1,36	0,39	0,73	0,30	1,05	0,13
	Placebo	0,73	0,27	1,45	0,55	1,09	0,13
	Sem laser	1,27	0,45	2,45	0,74	1,86	0,13
	Total	1,12	0,22	1,55	0,34	1,33	0,03
IFV fator 4	Laser	10,91	0,61	11,09	0,37	11,00	0,24
	Placebo	9,00	1,15	8,00	1,16	8,50	0,24
	Sem laser	9,09	1,03	10,45	0,72	9,77	0,24
	Total	9,67	0,56	9,85	0,51	9,76	0,06
IFV total	Laser	7,27	1,58	6,09	1,46	6,68	0,56
	Placebo	7,09	1,57	12,64	2,61	9,86	0,56
	Sem laser	8,64	1,99	12,36	2,91	10,50	0,56
	Total	7,67	0,97	10,36	1,45	9,02	0,13

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: DP=desvio padrão

Tabela 13: Análise inferencial da comparação do índice de fadiga vocal em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores

Variável	Efeito	Soma dos Quadrados	gl	F	p-valor		Diferença média	DP	p-valor
IFV fator 1	Grupo	44,212	2	0,86	0,430				
	Momento	44,182	1	6,77	0,014	M1 - M2	-1,64	0,11	0,014
	Momento * Grupo	20,273	2	1,55	0,228				
IFV fator 2	Grupo	8,121	2	0,44	0,648				
	Momento	8,015	1	3,30	0,079				
	Momento * Grupo	7,758	2	1,60	0,219				
IFV fator 3	Grupo	9,303	2	1,12	0,339				
	Momento	2,970	1	3,40	0,075				
	Momento * Grupo	9,848	2	5,64	0,008	Sem laser M1 Sem laser M2	-1,18	0,05	0,006
IFV fator 4	Grupo	68,758	2	2,41	0,107				
	Momento	0,545	1	0,17	0,683				
	Momento * Grupo	15,364	2	2,39	0,108				
IFV total	Grupo	184,121	2	1,21	0,312				
	Momento	120,015	1	5,85	0,022	M1 - M2	-2,70	0,19	0,022
	Momento * Grupo	133,212	2	3,24	0,053				

Fonte: Elaborada pela autora.

ANOVA de medidas repetidas; Teste de Tukey com correção de Bonferroni

Legenda: DP=desvio padrão; gl=graus de liberdade; F=teste F

As Tabelas 14 e 15 mostram a análise descritiva e inferencial do escore de percepção dos cantores sobre o estado de sua voz cantada em três momentos, sendo o momento 2 (M2) imediatamente após cantar, o momento 3 (M3) 4 horas após cantar e o momento 4 (M4) 24 horas após cantar. Observa-se que houve diferença para grupo ($p < 0,001$), em que os cantores do grupo laser apresentaram escores significativamente menores que o grupo placebo ($p < 0,001$) e que o grupo sem laser ($p = 0,002$), independentemente do momento de avaliação. Para momento, houve diferença significativa ($p < 0,001$), em que no M2 os cantores apresentaram escores significativamente maiores que no M3 ($p < 0,001$) e no M4 ($p < 0,001$), além de no M3 os cantores também apresentarem escores maiores que no M4 ($p < 0,001$), independentemente do grupo de intervenção. Já na combinação entre momento e grupo, observou-se que no M2 e no M3 o grupo laser apresentou escores significativamente menores que o grupo placebo ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente) e que o grupo sem laser ($p = 0,003$; $p = 0,003$, respectivamente). Além disso, no grupo

placebo e sem laser, houve redução significativa dos escores do M2 para o M3 ($p<0,001$; $p=0,004$, respectivamente) e o M4 ($p<0,001$; $p=0,001$, respectivamente), e do M3 para o M4 ($p<0,001$; $p=0,027$, respectivamente).

Tabela 14: Análise descritiva da comparação do *Evaluation of the Ability to Sing Easily* em português brasileiro em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores

Variável	Grupo	M2		M3		M4		Total	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
EASE-BR	Laser	1,55	0,49	1,45	0,64	1,64	0,65	1,55	0,40
	Placebo	18,73	2,98	11,18	1,23	4,09	1,25	11,33	0,40
	Sem laser	13,82	2,79	7,73	1,56	4,45	1,42	8,67	0,40
	Total	11,36	1,84	6,79	0,98	3,39	0,68	7,18	0,13

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: DP=desvio padrão

Tabela 15: Análise inferencial da comparação do *Evaluation of the Ability to Sing Easily* em português brasileiro em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores

Variável	Efeito	Soma dos Quadrados	gl	F	p-valor		Diferença média	DP	p-valor
EASE-BR	Grupo	1689,879	2	14,56	0,000	Laser	-9,79	0,40	0,000
						Placebo			
						Laser	-7,12	0,40	0,002
						Sem laser			
	Momento	1048,015	1	37,83	0,000	M2	4,58	0,17	0,000
						M3			
						M2	7,97	0,23	0,000
						M4			
						M3	3,39	0,12	0,000
						M4			
						Laser M2	-17,18	0,41	0,000
						Placebo M2			
						Laser M2	-12,27	0,41	0,003
						Sem laser M2			
						Laser M3	-9,73	0,21	0,000
						Placebo M3			
						Laser M3	-6,27	0,21	0,003
						Sem laser M3			
						Placebo M2	7,55	0,21	0,000
						Placebo M3			
						Placebo M2	14,64	0,28	0,000
						Placebo M4			
						Placebo M3	7,09	0,14	0,000
						Placebo M4			
	Momento * Grupo	612,485	2	11,05	0,000	Sem laser M2	6,09	0,21	0,004
						Sem laser M3			
						Sem laser M2	9,36	0,28	0,001
						Sem laser M4			
						Sem laser M3	3,27	0,14	0,027
						Sem laser M4			

Fonte: Elaborada pela autora.

ANOVA de medidas repetidas; Teste de Tukey com correção de Bonferroni

Legenda: gl=graus de liberdade; F=teste F; DP=desvio padrão

Verifica-se nas Tabelas 16 e 17 a análise descritiva e inferencial de comparação do tempo máximo de fonação em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores, sendo o momento 1 (M1), antes de cantar e o momento 2 (M2), após cantar. Houve diferença estatisticamente significativa em função da combinação entre momento e grupo para o TMF de /a/ ($p < 0,001$) e de /é/ ($p < 0,001$). Houve aumento significativo no TMF de /a/ do M1 para o M2 nos cantores do grupo laser ($p < 0,001$) e redução nos cantores do grupo placebo ($p = 0,001$), além de aumento

significativo no TMF de /é/ do M1 para o M2 no grupo laser ($p=0,015$), e redução nos grupos placebo ($p=0,001$) e sem laser ($p=0,025$).

Tabela 16: Análise descritiva da comparação do tempo máximo de fonação em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores

Variável	Grupo	M1		M2		Total	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Relação s/z	Laser	1,05	0,06	1,08	0,05	1,06	0,02
	Placebo	1,04	0,08	1,08	0,09	1,06	0,02
	Sem laser	0,98	0,07	0,92	0,08	0,95	0,02
	Total	1,02	0,04	1,03	0,04	1,03	0,00
TMF /a/	Laser	14,14	1,06	17,84	1,57	15,99	0,42
	Placebo	15,95	2,00	13,09	1,51	14,52	0,42
	Sem laser	15,41	0,91	14,00	1,35	14,70	0,42
	Total	15,17	0,80	14,97	0,90	15,07	0,10
TMF /ɛ/	Laser	14,25	1,09	16,46	1,58	15,35	0,37
	Placebo	16,72	1,40	13,47	0,90	15,10	0,37
	Sem laser	16,17	1,37	14,14	1,28	15,16	0,37
	Total	15,71	0,75	14,69	0,75	15,20	0,09

Fonte: Elaborada pela autora.

Análise descritiva

Legenda: DP=desvio padrão

Tabela 17: Análise inferencial da comparação do tempo máximo de fonação em função do grupo de intervenção, do momento de avaliação e da combinação entre grupo de intervenção e momento de avaliação em cantores

Variável	Efeito	Soma dos Quadrados	gl	F	p-valor	Diferença média	DP	p-valor
Relação s/z	Grupo	0,180	2	1,54	0,229			
	Momento	0,000	1	0,00	0,973			
	Momento * Grupo	0,034	2	0,27	0,760			
TMF /a/	Grupo	28,300	2	0,33	0,719			
	Momento	0,607	1	0,18	0,672			
	Momento * Grupo	130,438	2	19,69	0,000	Laser M1		
						Laser M2	-3,694	0,10
						Placebo M1	2,864	0,10
						Placebo M2		0,001
TMF /ε/	Grupo	0,800	2	0,01	0,988			
	Momento	17,118	1	4,21	0,049			
	Momento * Grupo	90,475	2	11,14	0,000	Laser M1		
						Laser M2	-2,217	0,11
						Placebo M1	3,247	0,11
						Placebo M2		0,001
						Sem laser M1	2,026	0,11
						Sem laser M2		0,025

Fonte: Elaborada pela autora.

ANOVA de medidas repetidas; Teste de Tukey com correção de Bonferroni

Legenda: gl=graus de liberdade; F=teste F; DP=desvio padrão

5.1 DISCUSSÃO

Profissionais e pesquisadores envolvidos com a fisiologia do exercício, há tempos, descrevem os benefícios do uso de luz de baixa potência na musculatura, com objetivos diversos, tais como: diminuição da fadiga, melhora do desempenho, reparo tecidual e recuperação muscular.

O propósito do presente estudo foi verificar os efeitos da fotobiomodulação com laser de baixa potência no desempenho vocal de cantores do Distrito Federal. A amostra inicial era composta por 49 participantes, até então, aptos para participar do estudo. Porém visando diminuir possíveis variáveis deixando todos os participantes em igualdade, de acordo com os critérios de inclusão do estudo, 16 deles foram excluídos. As exclusões aconteceram por desistência do participante; não cumprimento de repouso vocal; diagnóstico de doença de envolvimento respiratório e/ou vocal; uso de medicamentos contraindicados ao estudo (relaxante muscular); disfonia e/ou descumprimento de alguma das etapas.

Ferraresi, Huang e Hamblin¹³⁰ justificaram que o uso da fotobiomodulação nos músculos baseia-se na conhecida estimulação da atividade mitocondrial, que ocorre após fótons vermelhos ou infravermelhos próximos ao tecido serem absorvidos pelo CCO. Eles explicaram que os músculos dependem fortemente do ATP, que é a fonte biológica de energia necessária para o trabalho muscular, de modo que os níveis de ATP aumentados e robustos são a hipótese mais popular para explicar os efeitos que a TFBM parece exercer no tecido muscular. Os pesquisadores explanaram, ainda, que existem vários mecanismos de ação para explicar os efeitos da PBM no tecido muscular e, conseqüentemente, a melhora do desempenho esportivo. Vários desses mecanismos foram descritos anteriormente: a) aumento do metabolismo energético e síntese de ATP; b) estimulação das defesas contra o estresse oxidativo; c) prevenção e reparação de danos musculares; d) modulação da expressão gênica por ativação de fatores de transcrição; e) possível aumento da excitabilidade das fibras musculares.

Não há consenso na literatura em relação à dosimetria na aplicação do laser. A dose de 5J foi escolhida baseada em outros estudos que investigaram os efeitos da TFBM no desempenho de diferentes músculos. A partir de achados de pesquisas diversas e da prática clínica, optou-se, no presente estudo, por utilizar o aparelho da marca DMC, modelo Therapy EC, 100mw de potência (registro na ANVISA 80030810156), com contato pontual. A aplicação foi feita com irradiação simultânea dos comprimentos de onda vermelho (660nm) e infravermelho (808nm), com 5J por ponto, em 5 pontos da laringe, totalizando 25J no total, antes da performance vocal, que foi cantar em forte intensidade (acima de 75 dB durante 45 minutos, com intervalo de cinco minutos por três momentos).

A aplicação do laser antes do uso profissional da voz corrobora com os achados de uma revisão integrativa sobre os efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa potência e identificou que, em 77,8% dos estudos que aplicaram laser antes do exercício, houve melhora no desempenho e, quatro trabalhos que aplicaram laser após o exercício, apresentaram melhora na recuperação muscular. No referido estudo, identificou-se um predomínio do comprimento de onda infravermelho nas pesquisas, com aplicação na extensão do músculo em pontos equidistantes. Em

¹³⁰ Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR. Fotobiomodulação em tecido muscular humano: uma vantagem no desempenho esportivo. J Biofotônica. 2016;9(11-12):1273-99.

relação à dose, houve variação de 0,24 a 50 joules por ponto. Não foi possível correlacionar os resultados obtidos com a dose empregada, porém observou-se que a fotobiomodulação com laser de baixa intensidade apresentou-se como um possível potencial recurso para otimizar o desempenho muscular e reduzir os níveis de fadiga após atividades intensas.¹³¹

Vieira, Bezerra e Queiroz et al.¹³² verificaram se a Terapia com Laser (luz) de Baixa Intensidade (LLLT) pode fornecer resistência à fadiga por meio de repetições. Foram utilizados 808 nm, 100 mW e 4 J, aplicados no músculo quadríceps femoral entre as séries e após a última série do exercício. Os resultados sugeriram um possível aumento da resistência à fadiga muscular.

Batista, Estrela e Alves et al.¹³³ realizaram um estudo clínico randomizado sobre os efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade e comprimentos de onda vermelho (660 nm) e infravermelho (808 nm) na fadiga eletromiográfica do músculo orbicular da boca. A dose de 4 J foi escolhida baseada em outros estudos que investigaram os efeitos da TFBM no desempenho de diferentes músculos.

Conforme explicitado anteriormente, os participantes foram divididos em três grupos de intervenção: laser – onze participantes, com idade mediana de 35 anos, sendo cinco do sexo feminino e seis do sexo masculino; placebo – onze participantes, com idade mediana de 25 anos, sendo cinco do sexo feminino e seis do sexo masculino; e sem laser – onze participantes, com idade mediana de 30 anos, sendo cinco do sexo feminino e seis do sexo masculino. Os grupos de intervenção foram homogêneos quanto às variáveis idade, gênero, estilo de canto, tempo de canto profissional, frequência das apresentações e duração da apresentação.

Os cantores disfônicos são profissionais que fazem parte de uma categoria especial dentro dos distúrbios de voz, por possuírem uma elevada demanda vocal e por apresentarem uma tendência a grande risco de alterações na voz. Pequenas

¹³¹ Alves VMN, Furlan RMMM, Motta AR. Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser therapy on muscle performance: an integrative literature review. Revista CEFAC [online]. 2019;21(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921412019>. Acesso em: 15 jan. 2022.

¹³² Vieira WHB, Bezerra RM, Queiroz RA, Maciel NF, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of low-level lasertherapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. Photomed Laser Surg. 2014;32(12):678-85.

¹³³ Batista MR, Estrela LA, Alves VMN, Motta AR, Furlan RMM. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade e comprimentos de onda vermelho (660 nm) e infravermelho (808 nm) na fadiga eletromiográfica do músculo orbicular da boca: estudo clínico randomizado. CoDAS [online]. 2022;34(2). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020363>. Acesso em: 16 jan. 2022.

alterações vocais, imperceptíveis para outros pacientes, podem ser desastrosas para um cantor. O impacto de uma disfonia nesse grupo, geralmente, é grave, pois pode comprometer a longevidade da carreira.¹³⁴

Cantores, foco deste estudo, em geral, começam sua carreira profissional por gostarem de cantar e serem atraídos pela música desde criança, frequentemente desenvolvendo suas habilidades de modo intuitivo. Além disso, cantores populares são solicitados a cantar vários estilos musicais em uma mesma apresentação, para atender à demanda do contratante e agradar ao público, o que representa um desafio fisiológico e técnico. Desta forma, é evidente que eles necessitam de uma grande flexibilidade vocal e uma habilidade de interpretação de canto diferenciadas, o que pode representar um verdadeiro desafio funcional. O fato de o canto exigir diversos ajustes laríngeos pode favorecer o aparecimento de sintomas e sinais de distúrbios vocais, principalmente relacionados ao uso inadequado ou abusivo da voz. Isso faz com que os cantores sejam uma população de risco para desenvolver uma disfonia, o que já é comprovado pela grande ocorrência de distúrbios vocais nessa população.

O conjunto desses aspectos, somados às necessidades profissionais dos cantores populares, fazem com que o abuso e o mau uso vocal sejam mais frequentes nessa modalidade de canto, apesar de, muitas vezes, os profissionais terem a consciência do risco vocal a que se submetem. Cantores populares pertencem à elite de profissionais da voz, o que faz com que pequenos desvios vocais já possam impactar os aspectos profissionais, pessoais (físico, mental, social, emocional e comunicativo) e financeiros. Dessa forma, é de extrema importância a manutenção da saúde vocal nessa população.¹³⁵

Na população de cantores, dominar a técnica de canto não significa que eles compreendem a anatomofisiologia do trato vocal para cada ajuste. A falta de compreensão sobre as mudanças ocorridas na laringe e nas cavidades de ressonância durante o canto pode trazer consequências negativas para a voz do cantor. Os sintomas vocais mais comuns nessa população são: rouquidão, dificuldade nos agudos, pigarro constante, falhas na voz, perda da voz, garganta seca e voz fraca.

¹³⁴ Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res.* 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&lngpt&nrm=iso. Acesso em: 8 fev. 2018.

¹³⁵ Monteiro JC, Madazio G, Pacheco C, Behlau M. Main reasons that lead popular-music singing teachers to seek speech-language pathology assistance for their students. *Codas.* 2019; 13;32(2):e20180242.

Além dos sintomas, ajustes incorretos podem levar ao desenvolvimento de alterações na qualidade vocal. Para o cantor profissional, essas alterações podem causar impacto na sua qualidade de vida, pois a voz é o seu instrumento de trabalho. Outro dado encontrado na literatura diz respeito à falta de conhecimento dos cantores sobre saúde e higiene vocal. Dessa forma, ter esse conhecimento poderá prevenir alterações vocais, permitir uma maior longevidade vocal para o canto e contribuir para um maior autoconhecimento, ajudando o cantor no desenvolvimento de sua carreira profissional.¹³⁶

Há uma grande disparidade entre os gêneros musicais no número de horas de observação e orientação crítica, e o gênero de instrução dos professores de canto não costuma corresponder ao gênero de instrução pedagógica que recebem. Mais pesquisas são necessárias para determinar a importância dessa incompatibilidade e se o aumento de horas de observação e orientação beneficiariam o ensino de voz.¹³⁷

Chitguppi, Raj e Meher et al.¹³⁸ analisaram se a voz de usuários profissionais da voz (PVs) é semelhante à voz de usuários não profissionais da voz (UNPVs), ambos sem lesões evidentes nas cordas vocais. Concluiu-se que a voz do profissional feminino com mais experiência de trabalho apresenta mais desvios nos dados normativos. Um estudo de Zimmer, Cielo e Ferreira¹³⁹ mostrou que alguns cantores populares costumam ter hábitos vocais inadequados. Isso ocorre principalmente porque, algumas vezes, eles fazem uso de recursos prejudiciais para a voz, como etilismo, tabagismo e substâncias entorpecentes. Os sintomas vocais mais comuns nessa população são: rouquidão, dificuldade nos agudos, pigarro constante, falhas na voz, perda da voz, garganta seca e voz fraca.¹⁴⁰ Segundo Oliveira,¹⁴¹ muitas etapas

¹³⁶ Coelho JS, Moreti F, Pacheco C, Behlau M. Autopercepção de sintomas vocais e conhecimento em saúde e higiene vocal em cantores populares e eruditos. *CoDAS* [online]. 2020;32(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202018304>. Acesso em: 8 jan. 2022.

¹³⁷ Gerhard J, Zuim AF, Lloyd A, Rosow DE. The Role of Observation and Mentorship in Voice Pedagogy Training. *J Voice*. 2020;34(1):160.

¹³⁸ Chitguppi C, Raj A, Meher R, Rathore PK. Is the Voice of Professional Voice Users With no Vocal Cord Lesions Similar to That of Non Professional Voice Users? *J Voice*. 2019;33(1):66-72.

¹³⁹ Zimmer V, Cielo CA, Ferreira FM. Vocal behavior of popular singers. *Rev CEFAC*. 2012;14(2):298-307.

¹⁴⁰ Coelho JS, Moreti F, Pacheco C, Behlau M. Autopercepção de sintomas vocais e conhecimento em saúde e higiene vocal em cantores populares e eruditos. *CoDAS* [online]. 2020;32(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202018304>. Acesso em: 8 jan. 2022.

¹⁴¹ Oliveira IB. A educação vocal nos meios de comunicação e arte: a voz cantada. In: Ferreira LP, Oliveira IB, Quinteiro EA, Morato EM, ed. *Voz profissional: o profissional da voz*. Carapicuíba: Pró-Fono; 1995:33-43.

são percorridas até que os cantores se tornem profissionais e tenham uma carreira reconhecida pelo mercado musical.

No presente estudo, não houve diferença na comparação do índice de desvantagem vocal no canto moderno em função do grupo de intervenção em cantores. Os dados obtidos neste estudo não corroboram com outro estudo¹⁴² com cantores com qualidade vocal alterada que tiveram maiores escores nas subescalas incapacidade e desvantagem, e no domínio total. No presente estudo o índice defeito e domínio total tiveram maiores escores. Além disso, no estudo ¹⁴³ aqueles que referiram realizar aulas de canto apresentaram índices menores de desvantagem vocal. É importante destacar que a grande maioria dos participantes deste estudo fazem ou fizeram aula de canto, porém essa mesma parcela de cantores revelou não seguir corretamente todas as orientações dos professores de canto.

No estudo dos autores do IDCM, cantores modernos com queixas vocais apresentaram maior desvantagem autorrelatada em relação aos sem problemas de voz e não cantores. No relato dos cantores modernos com problemas, aspectos identificados como sendo de natureza orgânica destacaram-se com maiores desvios, refletindo o tipo de dificuldade desses indivíduos. O protocolo mostrou-se sensível para essa população, podendo ser utilizado para auxiliar fonoaudiólogos, preparadores vocais e regentes no mapeamento de problemas vocais.¹⁴⁴

Sobre a fadiga, não existe nenhuma medida robusta que faça a medição bem como a recuperação vocal. Assim, optou-se, neste estudo, pela utilização de protocolos de autoavaliação. Os participantes foram solicitados a manter repouso vocal por 24 horas após o uso da voz em forte intensidade, a fim de verificar os efeitos do laser depois desse tempo. Um estudo¹⁴⁵ sobre a fadiga vocal considerou que a marca registrada da fadiga vocal é o autorrelato de um aumento da sensação de esforço com a fonação prolongada, haja ou não decréscimos observáveis ou mensuráveis na função fonatória. Segundo ele, medidas externas válidas para

¹⁴² Loiola-Barreiro C, Silva MAA. Índice de desvantagem vocal em cantores populares e eruditos profissionais. CoDAS [online]. 2016;28(05):602-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015226>. Acesso em: 12 dez. 2021.

¹⁴³ Loiola-Barreiro C, Silva MAA. Índice de desvantagem vocal em cantores populares e eruditos profissionais. CoDAS [online]. 2016;28(05):602-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015226>. Acesso em: 12 dez. 2021.

¹⁴⁴ Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2011;16(2):146-51.

¹⁴⁵ Verdolini-Marston K, Titze IR, Druker DG. Changes in phonation threshold pressure with induced conditions of hydration. J Voice. 1990;4:142-151

identificar o início ou a presença de fadiga vocal ainda não são bem esclarecidas. Conclui que a fadiga é classicamente definida como a incapacidade de continuar uma tarefa em um nível pré-determinado, e o “momento de fadiga” ocorre quando o desempenho cai abaixo desse nível e as tarefas de resistência ratificam esse conceito.

A fadiga vocal tem sido intrigante e é presença persistente no campo clínico, além de estar ganhando atenção na literatura científica. Tradicionalmente, o termo fadiga vocal tem sido usado e implicitamente compreendido. A maioria das pessoas tem uma percepção interna do que é fadiga vocal e os indivíduos que a experimentam afirmam saber como é a sensação. No entanto, uma definição operacional é necessária para ajudar a unificar a literatura, refinar as metodologias de pesquisa e permitir comparações de dados.¹⁴⁶

Partindo-se do pressuposto dos efeitos da luz de baixa potência na voz, Kagan e Heaton¹⁴⁷ identificaram a possível eficácia da LLLT na atenuação dos sintomas de fadiga vocal por uma tarefa de sobrecarga vocal. Eles realizaram um estudo prospectivo randomizado com 16 adultos vocalmente saudáveis, que foram divididos em quatro grupos e submetidos a um procedimento de sobrecarga vocal (leitura em voz alta por 15 minutos, com pausas de cinco minutos, por três vezes, com intensidade superior a 75dB). Os participantes foram submetidos a um equipamento de LED por 20 minutos. A triagem foi feita com o protocolo CAPE-V e teste de sensibilidade à luz. Cada grupo foi submetido à luz infravermelha LLLT (828 nm), comprimento de onda vermelha LLLT (628 nm), aquecimento, e teve um grupo controle sem luz e sem aquecimento. A avaliação aconteceu logo após a carga vocal e uma hora depois, analisando-se a autopercepção, o limiar de pressão à fonação e a frequência fundamental relativa. Os resultados mostraram que a luz vermelha se mostrou mais eficaz nos marcadores de todos os efeitos pesquisados. Os autores sugeriram estudos com combinações de comprimento de onda. Não houve resultados significativos imediatamente à aplicação, uma vez que as melhores respostas foram obtidas uma hora depois. O resultado da pesquisa não corrobora com os obtidos no presente estudo, uma vez que foi possível observar melhores resultados imediatos

¹⁴⁶ Solomon NP. Vocal fatigue and its relation to vocal hyperfunction. *Int J Speech Lang Pathol*. 2008;10(4):254-66.

¹⁴⁷ Kagan LS, Heaton JT. The Effectiveness of Low-Level Light Therapy in Attenuating Vocal Fatigue. *J Voice*. 2017;31(3):384.e15-384.e23.

após o canto nos cantores que receberam laser em relação aos grupos que não receberam.

Ainda com tarefas de carga vocal, Kang, Xue e Lou et al.¹⁴⁸ analisaram a fonação em canudos e seus efeitos na fadiga vocal de 25 participantes saudáveis, que executaram tarefas de demanda vocal por uma hora seguida e 10 minutos de repouso ou fonação com canudo, em dois dias diferentes. Os autores observaram que os parâmetros vocais na fonação em canudo foram mais eficientes se comparados ao repouso vocal, mostrando que o ajuste aerodinâmico dentro do trato vocal levou a uma melhora vocal, vibração otimizada e fadiga vocal atenuada. No presente estudo, optou-se por solicitar que os participantes fizessem repouso vocal após o canto, visando diminuir possíveis variáveis que pudessem interferir na observação do efeito do laser de baixa potência.

No estudo que validou o protocolo IFV¹⁴⁹, os autores brasileiros enfatizaram a importância de um instrumento específico para mensurar a fadiga no âmbito vocal por meio de autoavaliação e, por isso traduziram e fizeram a adaptação cultural do validado protocolo VFI para o português brasileiro (IFV). Eles concluíram que o protocolo IFV é um sistema confiável e de autorrelato válido para capturar a percepção de fadiga vocal.

Neste estudo, o protocolo IFV foi aplicado em dois momentos, sendo o momento 1 (M1) antes do canto e o momento 2 (M2) após cantar. Percebeu-se diferença nos escores de autopercepção de sintomas de fadiga vocal no fator 1 ($p=0,014$) e no fator total ($p=0,022$) em função do momento, e no fator 3 em função da combinação entre grupo e momento ($p=0,008$). A análise de comparações múltiplas mostrou que houve aumento do M1 para o M2 nos escores de autopercepção de sintomas de fadiga vocal do fator 1 ($p=0,014$) e do fator total ($p=0,006$), considerando a amostra completa de cantores, independentemente do grupo de intervenção. Já no fator 3, observou-se que apenas os cantores do grupo sem laser aumentaram os escores de autopercepção de sintomas de fadiga vocal do M1 para o M2 ($p=0,006$).

¹⁴⁸ Kang J, Xue C, Lou Z, Scholp A, Zhang Y, Jiang JJ. The Therapeutic Effects of Straw Phonation on Vocal Fatigue. *The Laryngoscope*. 2020;130(11).

¹⁴⁹ Zambon F, Moreti F, Ribeiro VV, Nanjundeswaran C, Behlau, M. Vocal Fatigue Index: Validation and Cut-off Values of the Brazilian Version. *Journal of Voice*, 2020 (In Press).

O questionário EASE-BR foi escolhido neste estudo por se tratar de um instrumento específico para vozes cantadas saudáveis, uma vez que a maioria dos protocolos de autoavaliação é direcionada para doenças específicas, como profissionais da voz, que merecem uma avaliação particular. O EASE avalia as percepções dos cantores sobre o estado de sua voz cantada após uma apresentação, oferecendo um panorama imediato sobre o uso da voz. O EASE é um protocolo específico para cantores, desenvolvido para ser sensível às sutilezas da voz cantada.¹⁵⁰

Um estudo transversal prospectivo mensurou resultados pré e pós-intervenção, em dois momentos, com o objetivo de avaliar a eficácia do protocolo EASE-BR no desenvolvimento de um programa de aquecimento vocal para integrantes de um coral amador. Participaram do referido estudo 44 sujeitos, que preencheram um questionário para caracterização da amostra e foram submetidos a duas aplicações da escala EASE-BR, sendo a primeira para determinar as exigências vocais do grupo e a segunda para avaliar o desempenho após a aplicação de uma rotina personalizada de aquecimento vocal. Como resultado, os autores encontraram uma redução geral dos escores no momento pós-intervenção. A pontuação de 16 questões (72,7%) apresentou uma redução estatisticamente relevante após a intervenção. Os autores concluíram que a escala EASE-BR se mostrou uma valiosa ferramenta de avaliação e que seu uso pode auxiliar no desenvolvimento de programas personalizados de aquecimento vocal para diferentes tipos de cantores.¹⁵¹

No presente estudo, os participantes preencheram o EASE-BR em três momentos, sendo o momento 1 (M1) imediatamente após cantar, o momento 2 (M2) 4 horas após cantar e o momento 3 (M3) 24 horas após cantar. Antes de cantar, os participantes (conforme o grupo) receberam laser de baixa potência na região da laringe. A hipótese é de que haveria um desgaste vocal menor (diminuição da sensação de fadiga) pós-performance e melhora na recuperação muscular. Observou-se que houve diferença para grupo ($p < 0,001$), em que os cantores do grupo laser apresentaram escores significativamente menores que o grupo placebo ($p < 0,001$) e que o grupo sem laser ($p = 0,002$), independentemente do momento de avaliação. Para

¹⁵⁰ Rocha BR, Moreti F, Amin E, Madazio G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the protocol Evaluation of the Ability to Sing Easily. CoDAS [online]. 2014;26(6): 535-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20142014175>. Acesso em: 8 jan. 2022.

¹⁵¹ Marchand DLP, Kavaliunas FS, Cassol M. The Effectiveness of the EASE Scale in the Development of a Vocal Warm-up Program for an Amateur Choir. J Voice. 2019 May;33(3):310-316.

momento, houve diferença significativa ($p<0,001$), em que no M1 os cantores apresentaram escores significativamente maiores que no M2 ($p<0,001$) e no M3 ($p<0,001$), além de no M2 os cantores também apresentarem escores maiores que no M3 ($p<0,001$), independentemente do grupo de intervenção, sugerindo, assim, que os scores menores no momento 3 (M3) independente do grupo deve-se ao descanso vocal, já que aconteceram 24h após o uso da voz. Já na combinação entre momento e grupo, observou-se que no M1 e no M2 o grupo laser apresentou escores significativamente menores que o grupo placebo ($p<0,001$; $p<0,001$, respectivamente) e que o grupo sem laser ($p=0,003$; $p=0,003$, respectivamente). Além disso, no grupo placebo e sem laser, houve redução significativa dos escores do M1 para o M2 ($p<0,001$; $p=0,004$, respectivamente) e o M3 ($p<0,001$; $p=0,001$, respectivamente), e do M2 para o M3 ($p<0,001$; $p=0,027$, respectivamente).

Os resultados obtidos pelo EASE-BR mostraram uma diferença significativa em todos os momentos após o uso da voz no grupo que recebeu laser comparado aos outros grupos (placebo e sem laser), o que demonstra que houve diminuição da sensação de fadiga após tarefa vocal e foi possível observar que os dados do grupo laser mantiveram-se menor após 24h, o que pode, talvez, indicar melhora recuperação muscular. É válido ressaltar que os grupos placebo e sem laser também demonstraram diminuição na pontuação 4h e 24h após, o que reforça que o descanso pode ter colaborado para tais valores. Um estudo sobre a fadiga vocal apontou que se deve confiar no relato do paciente com voz de maior esforço e o alívio dos sintomas após o repouso.¹⁵² Os valores obtidos por meio do EASE-BR, principalmente sobre o uso de recursos de fotobiomodulação na musculatura para verificar o efeito no desempenho muscular, corrobora com estudos que tiveram resultados favoráveis, levando em consideração os aspectos relacionados à fisiologia do exercício. A terapia com laser de baixa potência tem sido sugerida como um recurso capaz de aumentar a resistência à fadiga e melhorar o desempenho muscular por meio de seus efeitos metabólicos e fotoquímicos.¹⁵³

¹⁵² Welham NV, Maclagan MA. Vocal fatigue: current knowledge and future directions. *J Voice*. 2003;17(1):21-30.

¹⁵³ Souza CG, Borges DT, Macedo LB, Brasileiro JS. Low-level laser therapy reduces the fatigue index in the ankle plantar flexors of healthy subjects. *Lasers MedSci*. 2016;31(9):1949-55.

Pazos¹⁵⁴ explicou que, durante o exercício, as células sintetizam grande quantidade de adenosina trifosfato e em alta velocidade, visando suprir as necessidades energéticas e evitar a fadiga. Assim, o laser aumenta o aporte de ATP, por isso é capaz de aumentar o tempo funcional do exercício muscular, retardando, assim, a fadiga e favorecendo o desempenho funcional.

Apesar de não ser foco deste estudo, é importante mostrar os efeitos de terapia com luz de baixa potência na musculatura corporal, uma vez que a premissa para irradiação na musculatura laríngea e raciocínio na melhora do desempenho da atividade vocal, parte dos inúmeros estudos com resultados benéficos deste recurso que é comumente utilizado na musculatura corporal, principalmente no que tange à medicina do esporte.

Souza, Borges e Macedo et al.¹⁵⁵ verificaram que a terapia com laser de baixa potência e comprimento de onda de 808 nm antes do exercício provocou uma diminuição significativa do índice de fadiga dinamométrica dos músculos flexores plantares em adultos saudáveis quando comparados aos grupos controle e placebo. O mesmo laser, aplicado imediatamente antes do exercício, reduziu a fadiga muscular do músculo reto femoral em mulheres idosas.

Vassão, Toma e Antunes et al.¹⁵⁶, por sua vez, estudaram os efeitos imediatos da aplicação da LLLT no desempenho neuromuscular dos flexores plantares do tornozelo em indivíduos saudáveis, por meio de um protocolo induzido por fadiga, para avaliar os efeitos imediatos sobre o desempenho neuromuscular e a fadiga em 60 participantes saudáveis de 18 a 28 anos, utilizando luz infravermelha 5 J por ponto – 5 pontos sobre o músculo soleo – 25 J no total. Houve uma redução do índice de fadiga por dinamometria no grupo irradiado em relação ao placebo. Não houve diferença na frequência mediana. Os autores sugerem que a aplicação da LLLT feita antes do exercício pode reduzir o índice de fadiga.

¹⁵⁴ Pazos MC. Noções de fotobiologia da interação radiação LASER com célula animal: indução da proliferação celular. In: Chavantes MC, editor. LASER em Bio-medicina – Princípios e prática. São Paulo: Atheneu; 2009:73-99.

¹⁵⁵ Souza CG, Borges DT, Macedo LB, Brasileiro JS. Low-level laser therapy reduces the fatigue index in the ankle plantar flexors of healthy subjects. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1949-55.

¹⁵⁶ Vassão PG, Toma RL, Antunes HKM, Tucci HT, Renno ACM. Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. *Lasers Med Sci.* 2016;31(2):275-82.

Leal Junior, Lopes-Martins e Dalan et al.¹⁵⁷ também utilizaram 5J de energia para investigar os efeitos do laser na atenuação da fadiga muscular em 12 homens saudáveis de 18 a 35 anos, utilizando luz vermelha 5 J por ponto – 4 pontos sobre o bíceps – 20 J no total. Houve um aumento no número médio de repetições no grupo irradiado em relação ao grupo placebo. Não houve mudanças da contração voluntária máxima e nos níveis de lactato.

Alves, Furlan e Motta¹⁵⁸ investigaram os efeitos da terapia por fotobiomodulação usando laser com comprimento de onda infravermelho no desempenho muscular e verificaram um retardo/diminuição da fadiga muscular. No mesmo estudo de revisão integrativa, observou-se que o laser é aplicado antes do exercício no que diz respeito ao desempenho.

Com o objetivo de investigar se a LLLT pode fornecer resistência à fadiga por meio de repetições máximas (RM) com um dinamômetro isocinético e diminuir o índice de fadiga eletromiográfica (EFI), Vieira, Bezerra e Queiroz et al.¹⁵⁹ verificaram um aumento da resistência à fadiga muscular do quadríceps femoral de homens saudáveis quando irradiados com laser com comprimento de onda de 808 nm, aplicado durante intervalos entre séries de exercícios e após a última série.

Vieira, Ferreira e Perez et al.¹⁶⁰ verificaram, em seus estudos, uma diminuição no índice de fadiga do quadríceps femoral de mulheres saudáveis que treinaram por nove semanas consecutivas. Um laser de comprimento de onda de 808 nm foi aplicado imediatamente após cada sessão de treinamento. Os resultados sugeriram que um programa de treinamento de resistência combinado com LLLT levou a uma redução maior da fadiga do que um programa de treinamento de resistência sem LLLT.

Neste estudo, houve diferença na comparação do TMF da vogal /a/ em função da interseção momento e grupo ($p=0,005$). A análise de comparações múltiplas

¹⁵⁷ Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Dalan F, Ferrari M, Sbabo FM, Generosi RA et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(5):419-24.

¹⁵⁸ Alves VNM, Furlan RMMM, Motta AR. Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser therapy on muscle performance: an integrative literature review. *Rev CEFAC.* 2019;21(4):e130-19.

¹⁵⁹ Vieira WHB, Bezerra RM, Queiroz RA, Maciel NF, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of low-level lasertherapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(12):678-85.

¹⁶⁰ Vieira WHB, Ferreira C, Perez SEA, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2013;27(2):497-504.

mostrou que os grupos placebo ($p=0,031$) e sem laser ($p=0,016$) apresentaram uma diminuição significativa nos valores do primeiro para o segundo momentos de avaliação, enquanto o grupo laser ($p=0,021$) apresentou um aumento significativo do primeiro para o segundo momentos de avaliação (Tabela 8).

A média do Tempo Máximo de Fonação (TMF) dos cantores participantes do estudo corrobora com as médias de um estudo desenvolvido por Nowosielska-Grygiel e Olszewski,¹⁶¹ que teve por objetivo avaliar a análise acústica e a capacidade da voz cantada, por meio do software DiagnoScope Specialist, em cantores profissionais e semiprofissionais do gênero masculino e feminino. Foram encontrados tempos médios de fonação de 15,44, 13,14 e 15,15 segundos nos grupos de cantores profissionais, cantores semiprofissionais e não cantores, respectivamente. No geral, o tempo médio de fonação foi de 15,17 segundos.

O tempo máximo de fonação (TMF) é um dos parâmetros com que se obtêm as medidas respiratórias, podendo ser empregado tanto como um meio de diagnóstico quanto como uma forma de acompanhamento e evolução de terapia de pacientes disfônicos. Esse valor é obtido pela medida do tempo máximo que o indivíduo consegue sustentar a emissão de um som. Behlau¹⁶² e Behlau e Pontes¹⁶³ encontraram, em falantes da cidade de São Paulo, valores em torno de 20s para homens e 14s para mulheres. Os mesmos autores ressaltam que valores abaixo de 10s devem ser considerados como não normais com alta significância.

Os resultados de aumento no tempo máximo de fonação, observados neste estudo, podem indicar maior eficiência na coaptação glótica pela maior possibilidade de manutenção do fechamento glótico no grupo que recebeu o laser, bem como a diminuição destes mesmos tempos nos outros grupos, podem estar relacionadas aos sinais de fadiga. Como exposto anteriormente, algumas pesquisas mostraram que a aplicação do laser antes da atividade muscular contribui para melhora na performance, o que pode ter favorecido o aumento no tempo máximo de fonação dos cantores deste estudo.

¹⁶¹ Nowosielska-Grygiel J, Olszewski J. The usefulness of the acoustic and the capacity analysis of singing voice. *Otolaryngol Pol.* 2019;73(3):16-25.

¹⁶² Behlau M. *Voz: o livro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.

¹⁶³ Behlau M, Pontes, P. *Avaliação e tratamento das disfonias*. São Paulo: Lovise; 1995.

Ferraresi, Huang e Hamblin¹⁶⁴ realizaram uma importante revisão sobre os efeitos da fotobiomodulação, mais especificamente nos seguintes aspectos: a) prevenção de danos musculares após o exercício, incluindo dor muscular de início tardio (DMIT); e b) aumento da capacidade de carga de trabalho muscular, melhora da resistência à fadiga, atividade funcional e atlética, e aceleração da recuperação após o exercício. Eles verificaram que a fotobiomodulação pode proporcionar vários benefícios ao tecido muscular, como evidenciado por uma infinidade de estudos que foram realizados *in vitro*, *in vivo* e em ensaios clínicos. Esses estudos visavam aumentar o desempenho muscular, a recuperação após o exercício ou prevenir danos musculares por fotobiomodulação, aplicando LLLT e/ou LEDT nos membros superiores (*biceps brachii*) e membros inferiores (*quadriceps femoris*) músculos, isquiotibiais e (*tríceps sural*) em voluntários/atletas saudáveis. A partir da análise de 46 estudos, o trabalho considerou a realização de um protocolo de pré-condicionamento muscular administrado antes do exercício. A aplicação em jogadores de vôlei, de 40 a 60 minutos antes das partidas oficiais, foi capaz de prevenir significativamente os danos musculares medidos pelos níveis de CK na corrente sanguínea. A aplicação da fotobiomodulação foi feita imediatamente após cada sessão de exercício, para acelerar a recuperação muscular, o que parece ser especialmente eficaz quando usada em combinação com programas de treinamento de exercícios regulares que podem durar dias ou semanas. Por fim, os autores fazem uma reflexão extremamente pertinente, explicando que as faixas identificadas na dose de luz (J) não foram concebidas para serem recomendações ou prescrições da melhor dose de luz a ser utilizada em estudos futuros ou na prática da clínica atual. Isso porque há vários fatores que afetam a penetração, a absorção da luz pelos tecidos humanos e a dose-resposta típica da fotobiomodulação, por isso essas considerações podem impedir uma prescrição final das doses exatas de luz para uso geral, o que sugere cautela na generalização dos achados.

¹⁶⁴ Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR. Fotobiomodulação em tecido muscular humano: uma vantagem no desempenho esportivo. J Biofotônica. 2016;9(11-12):1273-99.

6 CONCLUSÃO

O estudo concluiu que o uso do laser de baixa potência a 5J em 5 pontos da laringe apresentou resultados benéficos no que diz respeito ao desempenho vocal de uma possível fadiga em cantores, uma vez que os participantes que receberam a irradiação na região laríngea antes da performance, obtiveram melhores resultados nos três momentos da investigação após o uso vocal intenso ao serem comparados com os grupos que não receberam aplicação do laser de baixa potência.

O tempo máximo de fonação após uso vocal foi maior no grupo que recebeu laser, indicando provável maior eficiência neste grupo, já que os grupos que não receberam irradiação tiveram seu tempo máximo de fonação diminuído após uso vocal intenso.

Atualmente doses mais altas tem sido recomendadas para a aplicação em profissionais da voz. Novos estudos poderão mostrar se doses mais altas produziram efeitos ainda mais significativos no desempenho e recuperação de profissionais da voz.

REFERÊNCIAS

1. Millas I, Dias FF, Menezes MHM et al. Disfonia: retrato de um grupo populacional na cidade de Guarulhos. *Distúrbios da Comunicação*. 2023; 34(4): e56561. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/56561>. Acesso em: 5 jul. 2023.
2. Verdolini AK, Li NY, Branski RC, Rosen CA, Grillo E, Steinhauer K, Hebda PA. Vocal exercise may attenuate acute vocal fold inflammation. *J Voice*. 2012; 26:814 e1-814 e13.
3. Lien Y-As, Stepp CE. Comparison of voice relative fundamental frequency estimates derived from an accelerometer signal and low-pass filtered and unprocessed microphone signals. *J Acoust Soc Am*. 2014; 135:2977-85.
4. Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&lngpt&nrm=iso. Acesso em: 8 fev. 2018.
5. Behlau M, Moreti F, Pecoraro G. Condicionamento vocal individualizado para profissionais da voz cantada – relato de casos. *Rev. CEFAC*. 2014;16(5):1713-1722. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462014000501713&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 29 abr. 2018.
6. Cielo CA, Ribeiro VV, Hoffmann CF. Sintomas vocais de futuros profissionais da voz. *Rev CEFAC*. 2015;17(1):34-43.
7. Silva RMV. Efeitos imediatos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular após fadiga muscular induzida: Ensaio clínico, controlado, randomizado e cego. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012. Dissertação de Mestrado.
8. Boone DR. The singing/acting voice in the mature adult. *J Voice*. 1997;11(2):161-4.
9. Camargo MRM, Zambon F, Moreti F, Behlau M. Tradução e adaptação cultural e linguística da Adapted Borg CR10 for Vocal Effort Ratings para o português brasileiro. *CoDAS*. 2019;31(5):e20180112.
10. Maciel TS, Silva, J, Jorge FS, Nicolau, RA. A influência do laser 830 nm no desempenho do salto de atletas de voleibol feminino. *Rev Bras Eng Bioméd*. 2013;29(2): 199-205. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-31512013000200010&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 27 abr. 2018.
11. Kagan LS, Heaton JT. The effectiveness of low-level light therapy in attenuating vocal fatigue. *J Voice*. 2017;31(3):384.e15-384.e23.
12. Leal Junior ECP, Nassar FR, Tomazoni SS, Bjordal JM, Lopes-Martins RAB. A laserterapia de baixa potência melhora o desempenho muscular mensurado por dinamometria isocinética em humanos. *Fisioter Pesqui*. 2010;17(4):317-321. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502010000400006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 27 abr. 2018.
13. Kagan LS, Heaton JT. The effectiveness of low-level light therapy in attenuating vocal fatigue. *J Voice*. 2017;31(3):384.e15-384.e23.

14. Braun-Janzen C, Zeine L. Singers' interest and knowledge levels of vocal function and dysfunction: survey findings. *J Voice*. 2009;23(4):470-83.
15. Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&lngpt&nrm=iso. Acesso em: 12 dez. 2021.
16. Sataloff RT. Voice Impairment, Disability, Handicap, and Medical-Legal Evaluation. In: Sataloff RT, ed. *Professional Voice: The Science and the Art of Clinical Care*. 2nd. San Diego: Singular; 2005:1433-41.
17. Behrman A, Rutledge J, Hembree A, Sheridan S. Vocal hygiene education, voice production therapy, and the role of patient adherence: a treatment effectiveness study in women with phonotrauma. *J Speech Lang Hear Res*. 2008;51(2):350-66.
18. Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&lngpt&nrm=iso. Acesso em: 12 dez. 2021.
19. Behlau M, Moreti F, Pecoraro G. Condicionamento vocal individualizado para profissionais da voz cantada – relato de casos. *Revista CEFAC*. 2014, 16(5): 1713-22. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-021620147113>. Acesso em: 29 abr. 2018.
20. Vieira RH, Gadenz CD, Cassol M. Longitudinal Study of Vocal Characterization in Choral Singing. *Rev CEFAC*. 2015;17(1):1781-91.
21. Zimmer V, Cielo CA, Ferreira FM. Vocal behavior of popular singers. *Rev CEFAC*. 2012;14(2):298-307.
22. Behlau M, Feijó D, Madazio G, Rehder MI, Azevedo R, Ferreira AE. Voz profissional: aspectos gerais e atuação fonoaudiológica. In: Behlau M, ed. *Voz: o livro do especialista*. 2nd. Rio de Janeiro: Revinter; 2005:287-372.
23. Coelho JS, Moreti F, Pacheco C, Behlau M. Autopercepção de sintomas vocais e conhecimento em saúde e higiene vocal em cantores populares e eruditos. *CoDAS* [online]. 2020;32(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202018304>. Acesso em: 7 jan.2022.
24. Abou-Rafée M, Zambon F, Badaró, F, Behlau, M. Fadiga vocal em professores disfônicos que procuram atendimento fonoaudiológico. *CoDAS* [online]. 2019;31(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018120>. Acesso em: 19 jan. 2022.
25. Solomon N. Vocal fatigue and its relation to vocal hyperfunction. *Int J Speech Language Pathol*. 2008;10(4):254-66.
26. Welham NV, Maclagan MA. Vocal fatigue: current knowledge and future directions. *J Voice*. 2003;17(1):21-30.
27. Verdolini-Marston K, Titze IR, Druker DG. Changes in phonation threshold pressure with induced conditions of hydration. *J Voice*. 1990;4:142-151.
28. Solomon N. Vocal fatigue and its relation to vocal hyperfunction. *Int J Speech Language Pathol*. 2008;10(4):254-66.
29. Solomon NP. Vocal fatigue and its relation to vocal hyperfunction. *Int J Speech Lang Pathol*. 2008;10(4):254-66.

30. Titze IR. Vocal fatigue: some biomechanical considerations. In: Lawrence VL, ed. *Transcripts of the Twelfth Symposium: Care of the Professional Voice. Part One: Scientific Papers*. New York: The Voice Foundation; 1984:97-104.
31. Solomon NP. Vocal fatigue and its relation to vocal hyperfunction. *Int J Speech Lang Pathol*. 2008;10(4):254-66.
32. Nanjundeswaran C, Jacobson BH, Gartner-Schmidt J, Abbott KV. Vocal Fatigue Index (VFI): development and validation. *J Voice*. 2015;29(4):433-40.
33. Titze IR. Vocal fatigue: some biomechanical considerations. In: Lawrence VL, ed. *Transcripts of the Twelfth Symposium: Care of the Professional Voice. Part One: Scientific Papers*. New York: The Voice Foundation; 1984:97-104.
34. de Vasconcelos CA, Vieira MN, Kecklund G, Yehia HC. Speech Analysis for Fatigue and Sleepiness Detection of a Pilot. *Aerosp Med Hum Perform*. 2019;90(4):415-418.
35. Zambon F, Moreti F, Nanjundeswaran C, Behlau M. Equivalência cultural da versão brasileira do Vocal Fatigue Index – VFI. *CoDAS [online]*. 2017;29(2).
36. Zambon F., Moreti F., Ribeiro VV, Nanjundeswaran C, Behlau M. Vocal Fatigue Index: Validation and Cut-off Values of the Brazilian Version. *Journal of Voice*. 2020 (In Press).
37. Nunez SC, Garcez AS, Ribeiro MS. *Aplicação clínica do laser na Odontologia*. São Paulo: Editora Manole; 2020.
38. Delehanty D. Nobel Notable of Laureate Park: Niels Finsen, Faroese Physician. *Nonahood News*. 6 ago. 2019. Disponível em: <https://nonahoodnews.com/nobel-notable-of-laureate-park-niels-finsen-faroese-physician/>. Acesso em:
39. Delehanty D. Nobel Notable of Laureate Park: Niels Finsen, Faroese Physician. *Nonahood News*. 6 ago. 2019. Disponível em: <https://nonahoodnews.com/nobel-notable-of-laureate-park-niels-finsen-faroese-physician/>. Acesso em:
40. Staff L. Albert Einstein, Movie Star. *Legacy.com*. 13 mar. 2012. Disponível em: <https://www.legacy.com/news/culture-and-history/albert-einstein-movie-star/>. Acesso em:
41. Convisar R. *Princípios e Práticas do Laser na Odontologia*. São Paulo: Grupo GEN; 2011.
42. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. *Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia*. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
43. Nunez SC, Garcez AS, Ribeiro MS. *Aplicação clínica do laser na Odontologia*. São Paulo: Editora Manole; 2020.
44. Nunez SC, Garcez AS, Ribeiro MS. *Aplicação clínica do laser na Odontologia*. São Paulo: Editora Manole; 2020.
45. Convisar R. *Princípios e Práticas do Laser na Odontologia*. São Paulo: Grupo GEN; 2011.
46. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. *Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia*. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
47. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. *Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia*. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
48. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. *Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia*. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
49. Nunez SC, Garcez AS, Ribeiro MS. *Aplicação clínica do laser na Odontologia*. São Paulo: Editora Manole; 2020.

50. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
51. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
52. Convisar R. Princípios e Práticas do Laser na Odontologia. São Paulo: Grupo GEN; 2011.
53. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
54. Karu T. Laser bioestimulation: a photobiological phenomenon. *J Photochem Photobiolol B*. 1989; 3(4):638-40.
55. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
56. USP. E-disciplinas. Biologia celular. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/book/view.php?id=2433760&chapterid=19650>.
57. Alves VMN, Furlan RMMM, Motta, AR. Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser therapy on muscle performance: an integrative literature review. *Revista CEFAC*. 2019;21(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921412019>. Acesso em: 15 jan. 2022.
58. Kreisler M, Christoffers AB, Al-Haj H, Willershausen B, d'Hoedt B. Low level 809nm diodo laser induced in vitro stimulatín of the proliferation of human gingival fibroblasts. *Lasers Surg Med*. 2002;30(5):365-9.
59. Werneck CE, Pinheiro ALB, Pacheco MTT, Soares CP, Castro JLF. Laser light is capable of inducing proliferation of carcinoma cells in culture: A spectroscopic in vitro study. *Photomed Laser Surg*. 2005; 23(3):300-3.
60. Henriques ACG, Cazal, C, Castro, JFL. Ação da laserterapia no processo de proliferação e diferenciação celular: revisão da literatura. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*. 2010;3(4):295-302. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69912010000400011>. Acesso em: 13 jan. 2022.
61. Karu T. Mitochondrial Mechanisms of Photobiomodulation in Context of New Data About Multiple Roles of ATP. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2010;28(2):159-160.
62. Wong-Riley MT, Liang HL, Eells JT et al. Photobiomodulation directly benefits primary neurons functionally inactivated by toxins: role of cytochrome c oxidase. *J. Biol. Chem*. 2005;280:4761-71.
63. Eells J, Wong-Riley MT, VerHoeve J., Salzman MMH. Mitochondrial signal introduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy. *Mitochondrion*. 2004;4(5-6):559-67.
64. Hamblin MR, Agrawal T, Sousa M. Handbook of Low-Level Laser Therapy. Singapore: Pan Stanford Publishing; 2017.
65. Turrens JF. Mitochondrial formation of reactive oxygen species. *J Physiol*. 2003;552(Pt2):335-44.
66. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
67. Karu TI, Kolyakov SF. Exact action spectra for cellular responses relevant to phototherapy. *Photomed Laser Surg*. 2005;23(4):355-61.
68. Whelan HT, Buchmann EV, Dhokalia A, Kane MP, Whelan NT, Wong-Riley MT. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on molecular changes for wound healing in diabetic mice. *J Clin Laser Med Surg*. 2003;21(2):67-74.
69. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.

70. Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *J Photochem Photobiol B*. 1999;49(1):1-17.
71. Geneva I I. Photobiomodulation for the treatment of retinal diseases: a review. *Int J Ophthalmol*. 2016;9(1):145-152.
72. Batista MR, Estrela LA, Alves VMN, Motta AR, Furlan RMM. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade e comprimentos de onda vermelho (660 nm) e infravermelho (808 nm) na fadiga eletromiográfica do músculo orbicular da boca: estudo clínico randomizado. *CoDAS* [online]. 2022;34(2). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020363>. Acesso em: 16 jan. 2022.
73. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
74. Karu TI. Molecular mechanisms of therapeutic effect of low intensity laser irradiation. *Laser Life Sci*. 1988;2(1):53-74.
75. Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. Laser de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. São Paulo: Editora Elsevier; 2012.
76. Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR. Fotobiomodulação em tecido muscular humano: uma vantagem no desempenho esportivo. *J Biofotônica*. 2016;9(11-12):1273-99.
77. Gasparini G, Behlau M. Quality of life: validation of the Brazilian version of the voice-related quality of life (V-RQOL) measure. *J Voice*. 2009;23(1):76-81.
78. Behlau B, Madazio G, Feijo D, Pontes P. Avaliação da voz. In: Behlau B, ed. *Voz: o livro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001:83-245.
79. Costa T, Oliveira G, Behlau M. Validation of the Voice Handicap Index: 10 (VHI-10) to the Brazilian Portuguese. *CoDAS*. 2013;25(5):482-5.
80. Moreti F, Zambon F, Oliveira G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the Voice Symptom Scale: VoiSS. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;23(4):398-400.
81. Ribeiro MB, Gama ACC, Bassi IB, Teixeira LC. Parâmetros vocais, laríngenos e de autopercepção de professoras disfônicas: análise após tratamento fonoaudiológico. *Rev CEFAC*. 2013;15(3):616-41.
82. Moreti F, Zambon F, Behlau M. Voice symptoms and vocal deviation self-assessment in different types of dysphonia. *Codas*. 2014;26(4):331-3.
83. Gasparini G, Behlau M. Quality of life: validation of the Brazilian version of the voice-related quality of life (V-RQOL) measure. *J Voice*. 2009;23(1):76-81.
84. Oliveira GG. Estratégias de enfrentamento nos distúrbios de voz [Tese]. São Paulo (SP): Universidade Federal de São Paulo; 2009.
85. Moreti F, Zambon F, Oliveira G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the Voice Symptom Scale: VoiSS. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;23(4):398-400.
86. Almeida LN, Nascimento JA, Behlau M, Roseno AV, Aguiar A, Almeida, AA. Processo de validação de instrumentos de autoavaliação da voz no Brasil. *Audiology – Communication Research* [online]. 2021;26. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2020-2364>. Acesso em: 7 jan. 2022.
87. Marchand DLP, Kavaliunas FS, Cassol, M. A Eficácia da Escala EASE no Desenvolvimento de um Programa de Aquecimento Vocal para um Coro Amador. *Journal of Voice*. 2017;33(3):310-6.
88. Marchand DLP, Kavaliunas FS, Cassol M. The Effectiveness of the EASE Scale in the Development of a Vocal Warm-up Program for an Amateur Choir. *J Voice*. 2019 May;33(3):310-316.

89. Rocha B, Moreti F, Amin E, Madazio G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the protocol Evaluation of the Ability to Sing Easily. *CoDAS*. 2014;26(6):535-9.
90. Phyland DJ, Pallant JF, Benninger MS, Thibeault SL, Greenwood KM, Smith JA, et al. Development and preliminary validation of the EASE: a tool to measure perceived singing voice function. *J Voice*. 2013;27(4):454-62.
91. Correa S, Leiva JPC, Ramírez DO, Farías NC. Equivalencia cultural de la versión Chilena del Evaluation of Ability to Sing Easily: EASE. *CoDAS* [online]. 2020;32(5). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192019204>. Acesso em: 02 jul. 2023.
92. Moreti F, Zambon F, Oliveira G, Behlau M. Cross-cultural adaptation, validation, and cutoff values of the Brazilian version of the Voice Symptom Scale-VoiSS. *J Voice*. 2014;28(4):458-68.
93. Correa S, Leiva JPC, Ramírez DO, Farías NC. Equivalencia cultural de la versión Chilena del Evaluation of Ability to Sing Easily: EASE. *CoDAS* [online]. 2020;32(5). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192019204>. Acesso em: 02 jul. 2023.
94. Rocha B, Moreti F, Amin E, Madazio G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the protocol Evaluation of the Ability to Sing Easily. *CoDAS*. 2014;26(6):535-9.
95. Zambon F, Moreti F, Nanjundeswaran C, Behlau M. Equivalência cultural da versão brasileira do Vocal Fatigue Index–VFI. *CoDAS*. 2017;29(2):1-6.
96. Murry T, Zschommler A, Prokop J. Voice Handicap in Singers. *J Voice*. 2009;23(3):376-9.
97. Zambon F, Moreti F, Veis VR, Nanjundeswaran C, Behlau M. Vocal Fatigue Index: Validation and Cutoff Values of the Brazilian Version. *J Voice*. 2020 (In Press).
98. Portom VFA, Bezerra TT, Zambon F, Behlau M. Fadiga, esforço e desconforto vocal em professores após atividade letiva. *CoDAS* [online]. 2021;33(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202020067>. Acesso em: 10 dez. 2021.
99. Cohen SM, Jacobson BH, Garrett CG, Noordzij JP, Stewart MG, Attia A, et al. Creation and Validation of the Singing Voice Handicap Index. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2007;116(6):402-6.
100. Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;16(2):146-51.
101. Paoliello K, Oliveira G, Behlau M. Singing voice handicap mapped by different self-assessment instruments. *CoDAS* [online]. 2013;25(05):463-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2317-17822013005000008>. Acesso em: 12 dez. 2021.
102. Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&lngpt&nrm=iso. Acesso em: 12 dez. 2021.
103. Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;16(2):146-51.

104. Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2011;16(2):146-51.
105. Ávila MEB, Oliveira G, Behlau M. Índice de desvantagem vocal no canto clássico (IDCC) em cantores eruditos. *Pro Fono.* 2010;22(3):221-6.
106. Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2011;16(2):146-51.
107. Loiola-Barreiro C, Silva MAA. Índice de desvantagem vocal em cantores populares e eruditos profissionais. *CoDAS* [online]. 2016;28(05):602-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015226>. Acesso em: 12 dez. 2021.
108. Prestes T, Pereira EC, Bail DI, Dassie-Leite AP. Desvantagem vocal em cantores de igreja. *Rev CEFAC.* 2012;14(5):901-9.
109. Moreti F, Ávila MEB, Rocha C, Borrego MCM, Oliveira G, Behlau M. Influência da queixa e do estilo de canto na desvantagem vocal de cantores. *J Soc Bras Fonoaudiol.* 2012;24(3):296-300.
110. Sandage MJ, Pascoe DD. Translating exercise Science into voice care. *Perspectives on Voice and J Physioter.* 2016;62(3):138-44.
111. Lieber RL. Skeletal muscle structure, function & plasticity: The physiological basis of rehabilitation. Baltimore, MD: Lippincott, Williams & Williams; 2010.
112. Sandage M. Muscle Fatigue Physiology Applied to Management of Voice Fatigue. *Perspectives of the ASHA. Special Interest Groups SIG 3.* 2018;3(1) 7-11.
113. Brooks G, Fahey T, Baldwin K. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications.* New York: MCGraw-Hil; 2005.
114. Vaiano T, Badaró F. Condicionamento vocal para o cantor de alta performance. In: Lopes L, Moreti F, Zambon F, Vaiano T. eds. *Fundamentos e atualidades em voz profissional.* Rio de Janeiro: Thieme Revinter Publicações LTDA; 2022.
115. Hall JE, Guyton AC. *Guyton&Hall – Tratado de Fisiologia Médica.* 13nd. Rio de Janeiro: Elsevier; 2017.
116. Leal-Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, et al. Effect of phototherapy (low-level-laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and marks of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015;30(2):925-39.
117. Vanin A, Verhagen E, Barboza SD, et al. Terapia de fotobiomodulação para melhora do desempenho muscular e redução da fadiga muscular associada ao exercício em pessoas saudáveis: uma revisão sistemática e metanálise. *Lasers Med Sci.* 2018;33:181-214.
118. Miranda EF, Shaiane ST, Paiva PRV, et al. When is the best moment to apply photobiomodulation triple-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2018;33(4):719-27.
119. Mouffron V, Furlan RMMM, Motta AR. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade sobre o músculo orbicular da boca. *Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina [Internet].* 2019:78f.
120. Vanin A, Verhagen E, Barboza SD, et al. Terapia de fotobiomodulação para melhora do desempenho muscular e redução da fadiga muscular associada ao exercício em pessoas saudáveis: uma revisão sistemática e metanálise. *Lasers Med Sci.* 2018;33:181-214.

121. Navratil L, Kymplova J. Contraindications in noninvasive laser therapy: truth and fiction. *J Clin Laser Med Surg*. 2002 Dec;20(6):341-3.
122. Zambon F, Moreti F, Nanjundeswaran C, Behlau M. Equivalência cultural da versão brasileira do Vocal Fatigue Index–VFI. *CoDAS*. 2017;29(2):1-6.
123. Murry T, Zschommler A, Prokop J. Voice Handicap in Singers. *J Voice*. 2009;23(3):376-9.
124. Correa S, Leiva JPC, Ramírez DO, Farías NC. Equivalencia cultural de la versión Chilena del Evaluation of Ability to Sing Easily: EASE. *CoDAS* [online]. 2020;32(5). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192019204>. Acesso em: 02 jul. 2023.
125. Rocha B, Moreti, F, Amin E, Madazio G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the protocol Evaluation of the Ability to Sing Easily. *CoDAS*. 2014;26(6):535-9.
126. Behlau M. *Voz: o livro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.
127. Behlau M. *Voz: o livro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.
128. Vanin A, Verhagen E, Barboza SD, et al. Terapia de fotobiomodulação para melhora do desempenho muscular e redução da fadiga muscular associada ao exercício em pessoas saudáveis: uma revisão sistemática e metanálise. *Lasers Med Sci*. 2018;33:181-214.
129. Behlau M. *Voz: o livro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.
130. Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR. Fotobiomodulação em tecido muscular humano: uma vantagem no desempenho esportivo. *J Biofotônica*. 2016;9(11-12):1273-99.
131. Alves VMN, Furlan RMMM, Motta AR. Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser therapy on muscle performance: an integrative literature review. *Revista CEFAC* [online]. 2019;21(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921412019>. Acesso em: 15 jan. 2022.
132. Vieira WHB, Bezerra RM, Queiroz RA, Maciel NF, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of low-level lasertherapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg*. 2014;32(12):678-85.
133. Batista MR, Estrela LA, Alves VMN, Motta AR, Furlan RMM. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade e comprimentos de onda vermelho (660 nm) e infravermelho (808 nm) na fadiga eletromiográfica do músculo orbicular da boca: estudo clínico randomizado. *CoDAS* [online]. 2022;34(2). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212020363>. Acesso em: 16 jan. 2022.
134. Silva FF, Moreti F, Oliveira G, Behlau M. Efeitos da reabilitação fonoaudiológica na desvantagem vocal de cantores populares profissionais. *Audiol Commun Res*. 2014;19(2):194-201. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-64312014000200194&Ingpt&nrm=iso. Acesso em: 8 fev. 2018.
135. Monteiro JC, Madazio G, Pacheco C, Behlau M. Main reasons that lead popular-music singing teachers to seek speech-language pathology assistance for their students. *Codas*. 2019; 13;32(2):e20180242.
136. Coelho JS, Moreti F, Pacheco C, Behlau M. Autopercepção de sintomas vocais e conhecimento em saúde e higiene vocal em cantores populares e eruditos. *CoDAS* [online]. 2020;32(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202018304>. Acesso em: 8 jan. 2022.

137. Gerhard J, Zuim AF, Lloyd A, Rosow DE. The Role of Observation and Mentorship in Voice Pedagogy Training. *J Voice*. 2020;34(1):160.
138. Chitguppi C, Raj A, Meher R, Rathore PK. Is the Voice of Professional Voice Users With no Vocal Cord Lesions Similar to That of Non Professional Voice Users? *J Voice*. 2019;33(1):66-72.
139. Zimmer V, Cielo CA, Ferreira FM. Vocal behavior of popular singers. *Rev CEFAC*. 2012;14(2):298-307.
140. Coelho JS, Moreti F, Pacheco C, Behlau M. Autopercepção de sintomas vocais e conhecimento em saúde e higiene vocal em cantores populares e eruditos. *CoDAS* [online]. 2020;32(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202018304>. Acesso em: 8 jan. 2022.
141. Oliveira IB. A educação vocal nos meios de comunicação e arte: a voz cantada. In: Ferreira LP, Oliveira IB, Quinteiro EA, Morato EM, ed. *Voz profissional: o profissional da voz*. Carapicuíba: Pró-Fono; 1995:33-43.
142. Loiola-Barreiro C, Silva MAA. Índice de desvantagem vocal em cantores populares e eruditos profissionais. *CoDAS* [online]. 2016;28(05):602-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015226>. Acesso em: 12 dez. 2021.
143. Loiola-Barreiro C, Silva MAA. Índice de desvantagem vocal em cantores populares e eruditos profissionais. *CoDAS* [online]. 2016;28(05):602-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015226>. Acesso em: 12 dez. 2021.
144. Moreti F, Rocha C, Borrego MCM, Behlau M. Desvantagem vocal no canto: análise do protocolo Índice de Desvantagem para o Canto Moderno - IDCM. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;16(2):146-51.
145. Verdolini-Marston K, Titze IR, Druker DG. Changes in phonation threshold pressure with induced conditions of hydration. *J Voice*. 1990;4:142-151.
146. Kagan LS, Heaton JT. The Effectiveness of Low-Level Light Therapy in Attenuating Vocal Fatigue. *J Voice*. 2017;31(3):384.e15-384.e23.
147. Kang J, Xue C, Lou Z, Scholp A, Zhang Y, Jiang JJ. The Therapeutic Effects of Straw Phonation on Vocal Fatigue. *The Laryngoscope*. 2020;130(11).
1. Zambon F, Moreti F, Ribeiro VV, Nanjundeswaran C, Behlau M. Vocal Fatigue Index: Validation and Cut-off Values of the Brazilian Version. *Journal of Voice*, 2020 (In Press).
2. Rocha BR, Moreti F, Amin E, Madazio G, Behlau M. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the protocol Evaluation of the Ability to Sing Easily. *CoDAS* [online]. 2014;26(6): 535-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20142014175>. Acesso em: 8 jan. 2022.
3. Marchand DLP, Kavaliunas FS, Cassol M. The Effectiveness of the EASE Scale in the Development of a Vocal Warm-up Program for an Amateur Choir. *J Voice*. 2019 May;33(3):310-316.
4. Welham NV, Maclagan MA. Vocal fatigue: current knowledge and future directions. *J Voice*. 2003;17(1):21-30.
5. Souza CG, Borges DT, Macedo LB, Brasileiro JS. Low-level laser therapy reduces the fatigue index in the ankle plantar flexors of healthy subjects. *Lasers MedSci*. 2016;31(9):1949-55.
6. Pazos MC. Noções de fotobiologia da interação radiação LASER com célula animal: indução da proliferação celular. In: Chavantes MC, ed. *LASER em Bio-medicina – Princípios e prática*. São Paulo: Atheneu; 2009:73-99.

7. Souza CG, Borges DT, Macedo LB, Brasileiro JS. Low-level laser therapy reduces the fatigue index in the ankle plantar flexors of healthy subjects. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1949-55.
8. Vassão PG, Toma RL, Antunes HKM, Tucci HT, Renno ACM. Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. *Lasers Med Sci.* 2016;31(2):275-82.
9. Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Dalan F, Ferrari M, Sbabo FM, Generosi RA et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(5):419-24.
10. Alves VNM, Furlan RMMM, Motta AR. Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser therapy on muscle performance: an integrative literature review. *Rev CEFAC.* 2019;21(4):e130-19.
11. Vieira WHB, Bezerra RM, Queiroz RA, Maciel NF, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of low-level lasertherapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(12):678-85.
12. Vieira WHB, Ferreira C, Perez SEA, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2013;27(2):497-504.
13. Nowosielska-Grygiel J, Olszewski J. The usefulness of the acoustic and the capacity analysis of singing voice. *Otolaryngol Pol.* 2019;73(3):16-25.
14. Behlau M. *Voz: o livro do especialista.* Rio de Janeiro: Revinter; 2001.
15. Behlau M, Pontes, P. *Avaliação e tratamento das disfonias.* São Paulo: Lovise; 1995.
16. Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR. Fotobiomodulação em tecido muscular humano: uma vantagem no desempenho esportivo. *J Biofotônica.* 2016;9(11-12):1273-99.

ANEXO A – PROTOCOLO EASE-BR

Anexo 1. Versão traduzida e culturalmente adaptada do protocolo *Evaluation of the Ability to Sing Easily* – EASE⁽¹³⁾, chamada *Evaluation of the Ability to Sing Easily* para o Brasil – EASE-BR

Por favor, responda às seguintes perguntas com base em como você sente a sua voz ou em como ela soa agora. Se ela tem variado ao longo do dia, basta escolher a resposta que mais combina com como sua voz está agora.					
1	Minha voz está rouca	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
2	Minha garganta está seca/raspando	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
3	Minha voz está falhando e quebrando	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
4	Sinto os músculos da garganta sobrecarregados	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
5	Estou com ar na voz	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
6	Minha voz cantada está boa*	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
7	O ataque das notas está atrasado ou com ar	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
8	Sinto minha voz tensa	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
9	Minha voz me preocupa	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
10	Estou com dificuldade de controlar o ar nas frases longas	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
11	Minhas notas agudas têm ar	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
12	Minha voz soa cheia e ressoante*	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
13	Minha voz está falhando em algumas notas	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
14	Estou com dificuldades para cantar suave, piano	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
15	Minha voz está cansada	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
16	Estou com dificuldades para passar de registro	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
17	Estou com dificuldades nas notas agudas	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
18	Sinto que estou fazendo esforço para cantar	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
19	Estou com dificuldades para projetar a voz	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
20	Estou preocupado com a minha voz	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
21	Se fosse preciso, eu poderia cantar novamente agora*	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito
22	Estou tendo dificuldades para sustentar notas longas	Não	Um pouco	Moderadamente	Muito

*Itens com aspectos positivos e pontuação reversa

ANEXO B – PROTOCOLO IFV

Nome completo: _____

Data de nascimento: ____/____/____

Data de hoje: ____/____/____

As frases abaixo apresentam alguns sintomas frequentemente associados a problemas de voz. Assinale a resposta que indica o quanto você apresenta o mesmo sintoma:

- 0 = nunca
 1 = quase nunca
 2 = às vezes
 3 = quase sempre
 4 = sempre

Fator 1 Fadiga e limitação vocal						
1.	Minha voz fica cansada quando eu falo muito.	0	1	2	3	4
2.	Sinto que o esforço aumenta enquanto falo.	0	1	2	3	4
3.	Minha voz fica rouca depois que falo.	0	1	2	3	4
4.	Tenho que fazer força para produzir a voz.	0	1	2	3	4
5.	Tenho que fazer força para produzir a voz depois que falei um pouco mais.	0	1	2	3	4
6.	Tenho dificuldade para projetar a minha voz enquanto falo.	0	1	2	3	4
7.	Minha voz fica fraca depois que eu falo um pouco mais.	0	1	2	3	4
Fator 2 Restrição vocal						
8.	Fico sem vontade de falar depois que falei um pouco mais.	0	1	2	3	4
9.	Procuro evitar falar depois que usei muito a voz.	0	1	2	3	4
10.	Evito situações sociais quando sei que vou ter que falar muito.	0	1	2	3	4
Fator 3 Desconforto físico associado à voz						
11.	Fico com dor na garganta ao final do dia quando uso a voz.	0	1	2	3	4
12.	Quando eu falo muito sinto dor para falar.	0	1	2	3	4
13.	Quando eu falo minha garganta dói.	0	1	2	3	4
14.	Quando eu falo sinto desconforto no pescoço.	0	1	2	3	4
Fator 4 Recuperação com repouso vocal						
15.	Quando eu descanso minha voz melhora.	0	1	2	3	4
16.	Quando eu descanso faço menos força para falar.	0	1	2	3	4
17.	Quando eu descanso minha voz fica menos rouca.	0	1	2	3	4

Cálculos dos escores do IFV Fatores 1, 2, 3 e 4: soma bruta dos escores assinalados Total: Fator 1 + Fator 2 + Fator 3 + (12 - Fator 4) Valores de corte do IFV (Zambon et al., 2020) Fadiga e limitação vocal = 4,5 Restrição vocal = 3,5 Desconforto físico associado à voz = 1,5 Recuperação com repouso = 8,5 Escore total = 11,5	Original: Nanjundeswaran C, Jacobson BH, Gartner-Schmidt J, Verdolini Abbott K. Vocal Fatigue Index (VFI): Development and Validation. J Voice. 2015;29(4):433-40. Validação BR: Zambon F, Moreti F, Ribeiro VV, Nanjundeswaran C, Behlau M. Vocal Fatigue Index: Validation and Cut-off Values of the Brazilian Version. J Voice. 2020. In Press.
--	--

ANEXO C – PROTOCOLO IDCM

Marque a resposta que indica o quanto você compartilha da mesma experiência:
Chave de resposta: 0: nunca; 1: quase nunca; 2: às vezes; 3: quase sempre; 4: sempre

O impacto do problema de voz nas atividades profissionais

Disability – Incapacidade

1	Sinto minha voz cansada desde o começo de uma apresentação.	0	1	2	3	4
2	Minha voz fica cansada ou alterada durante a apresentação.	0	1	2	3	4
3	Tenho que ajustar a minha técnica vocal, porque o problema de voz prejudica a minha emissão.	0	1	2	3	4
4	Meu problema vocal me obriga a modificar as músicas, limitar meu repertório ou mesmo mudar o tom.	0	1	2	3	4
5	Por causa do meu problema de voz sou forçado a limitar meu tempo de estudo/ensaio.	0	1	2	3	4
6	Sinto dificuldade nas apresentações por causa das alterações no meu rendimento vocal.	0	1	2	3	4
7	Não consigo fazer duas ou mais apresentações consecutivas.	0	1	2	3	4
8	Preciso da ajuda do operador de som para mascarar meu problema de voz.	0	1	2	3	4
9	Preciso tomar remédios continuamente para mascarar meu problema de voz.	0	1	2	3	4
10	Meu problema vocal me obriga a limitar o uso social da voz.	0	1	2	3	4

O impacto psicológico do problema de voz

Handicap – Desvantagem

1	Minha ansiedade antes das apresentações está maior que a habitual.	0	1	2	3	4
2	As pessoas com as quais convivo não compreendem minha queixa de voz.	0	1	2	3	4
3	As pessoas com as quais convivo têm criticado a minha voz.	0	1	2	3	4
4	Meu problema de voz me deixa nervoso e/ou menos sociável.	0	1	2	3	4
5	Fico preocupado quando me pedem para repetir um vocalize ou uma frase musical.	0	1	2	3	4
6	Sinto que minha carreira está em risco por causa do meu problema de voz.	0	1	2	3	4
7	Colegas, empresários e críticos já perceberam minhas dificuldades vocais.	0	1	2	3	4
8	Sou obrigado a cancelar alguns compromissos profissionais por causa da voz.	0	1	2	3	4
9	Evito agendar futuros compromissos profissionais.	0	1	2	3	4
10	Evito conversar com as pessoas.	0	1	2	3	4

Auto-percepção das características de minha voz

Impairment – Defeito

1	Tenho problemas com o controle da respiração para o canto.	0	1	2	3	4
2	Meu rendimento vocal varia durante o dia.	0	1	2	3	4
3	Sinto que minha voz está fraca ou tem ar na voz.	0	1	2	3	4
4	Sinto minha voz rouca.	0	1	2	3	4
5	Sinto que tenho que forçar minha voz para produzir os sons.	0	1	2	3	4
6	Meu rendimento vocal varia de modo imprevisível durante as apresentações.	0	1	2	3	4
7	Tento modificar minha voz para melhorar a qualidade.	0	1	2	3	4
8	Cantar está sendo uma tarefa difícil ou cansativa.	0	1	2	3	4
9	Minha voz fica pior à noite.	0	1	2	3	4
10	Minha voz fica facilmente cansada durante as apresentações.	0	1	2	3	4