

BIOFÓTONS E A COMUNICAÇÃO QUÂNTICA DAS CÉLULAS

Cerise Maria De Lima Soffiatti Zolet

Glória Maria A F Cristofolini

RESUMO

Biofótons são fótons ultrafracos emitidos por todos os seres vivos. A intensidade de emissão varia de poucos a algumas centenas de fótons/s.cm², na faixa de 260 a 800 nm. Originam-se de um campo eletromagnético coerente, estando vinculados a reações de radicais e estados excitados nos organismos vivos. Provavelmente o DNA seja uma fonte importante de biofótons. Esta luz ultrafraca está relacionada a fenômenos como crescimento e diferenciação celular, comunicação celular, metabolismo oxidativo e carcinogênese. A ligação entre radiação eletromagnética e quantização da transferência de energia sugere que o quantum pode ser um novo mensageiro biológico. Os biofótons podem fornecer uma ferramenta poderosa e não invasiva para fundamentar diagnósticos e tratamentos médicos. Este artigo apresenta uma visão geral dos estudos sobre biofótons, mostrando suas propriedades e potenciais aplicações na área da saúde.

Palavras-chave: Biofótons. Radiação eletromagnética. Espécies reativas e oxigênio. Teoria quântica.

ABSTRACT

Biophotons are ultraweak photons emitted from all living systems. The intensity of this emission is from a few to some hundred photons/s.cm², within the range from 260 to 800 nm. The emission originates from a coherent electromagnetic field and it is linked to radical reactions and excited states within the living organisms. DNA is probably, an important source of biophotons. This ultraweak light is related to phenomena like cell growth and differentiation, cellular communication, oxidative metabolism and carcinogenesis. The connection between electromagnetic radiation and quantization of energy transfer suggests that quantum may be a new biological messenger. Biophotons may provide a powerful and non-invasive tool for substantiating medical diagnosis and therapy. This article presents an overview of studies on biophotons, showing their properties and potential applications in medicine.

Keywords: Biophotons. Electromagnetic radiation. Reactive oxygen species. Quantum theory.

INTRODUÇÃO

O termo biofóton designa a emissão espontânea e permanente de fótons pelos seres vivos, numa intensidade que pode variar de poucos até algumas centenas de fótons/s.cm², com comprimento de onda na faixa de 260 a 800 nm (POPP, 2003). Essa radiação com potência na ordem de 10⁻¹⁷ W varia, portanto, da faixa ultravioleta, espectro visível até a radiação infravermelha (NIGGLI, 2014b).

O biólogo russo Alexander Gurwitsch foi o primeiro cientista a observar essa capacidade dos sistemas biológicos, nos anos 1920, por meio de um experimento utilizando raízes de cebola, que indicou o envolvimento de fótons na estimulação da divisão celular. Em duas raízes, separadas por uma placa de quartzo, a divisão celular na ponta de uma raiz estimulou a divisão celular na outra, aumentando o número de mitoses, o que não ocorreu quando um vidro comum foi utilizado. Resultado observado denominou o fenômeno de radiação mitogenética (POPP, 2003). Foi o primeiro experimento a sugerir que a emissão de luz poderia ter um importante papel na comunicação biológica e estimulada pesquisas sobre a capacidade de a radiação eletromagnética induzir a divisão celular. Decorrem daí vários estudos observaram a comunicação quântica nos sistemas biológicos (HAN, YANG e CHEN, 2011).

Popp (2003) afirma que a teoria da emissão de biofótons se relaciona à eletrodinâmica e termodinâmica clássicas, mas também à teoria quântica. Muitos fenômenos biológicos podem ser compreendidos por meio dos biofótons, como a comunicação intra e intercelular, a diferenciação e crescimento celular e as infecções microbianas. Assim, o campo de aplicações dos biofótons pode ser amplo, revelando uma ferramenta poderosa para avaliar a qualidade de alimentos, infecções microbianas, influências do ambiente e fundamentar diagnósticos e tratamentos médicos.

Dada poucas publicações sobre o tema em língua portuguesa, essa revisão objetiva apresentar uma visão geral sobre biofótons, abrangendo os conceitos básicos, principais características, bem como as aplicações na área da saúde humana, consubstanciando referida língua. Para tanto, foram consultados artigos originais e de revisão de revistas científicas, dissertações e capítulos de livros.

ELETROMAGNETISMO E OS SERES VIVOS

Bioeletromagnetismo é a disciplina que estuda os fenômenos elétricos, eletromagnéticos e magnéticos nos sistemas biológicos (SUZUKI, 2003).

Liboff (2004) afirma que a força eletromagnética é a razão fundamental para a vida. Átomos são conjuntos de elétrons e hádrons, moléculas são conjuntos de átomos, polímeros são grupos de moléculas e, da mesma forma, a vida é uma congregação interativa de polímeros. O ser vivo pode então ser considerado uma entidade eletromagnética, que fornece uma resposta para determinado sinal elétrico ou magnético, como resultado esperado com base nas leis da física. Experimentos têm evidenciado nível de organização eletromagnética em organismos vivos; características elétricas intrínsecas e sua sensibilidade a campos eletromagnéticos externos.

A Terra é envolvida por um enorme campo eletromagnético formado por radiações provenientes do sol e do espaço. Os efeitos biológicos mais conhecidos referem-se à interação da radiação ultravioleta com moléculas biológicas. A luz ultravioleta é subdividida em três faixas: ultravioleta-A (320-400 nm), ultravioleta-B (290-320 nm) e ultravioleta-C (menor que 290 nm) (NIGGLI, 2014a).

A velocidade das ondas eletromagnéticas é acerca 300000 km/s. James Clerk Maxwell previu tais ondas modo teórico, por meio de correlações matemáticas e Heinrich Rudolf Hertz provou sua existência nos anos 1880. Em 1896, Guglielmo Marconi conseguiu transmiti-las em curtas distâncias (NIGGLI, 2014b).

A teoria quântica da luz baseia-se nas descobertas de Max Planck e Albert Einstein sobre a natureza da luz. Eles demonstraram que a luz apresenta características de partícula e de onda. Em 1900, Planck postulou o espectro eletromagnético formado por pequenos e descontínuos pacotes, os quanta de luz. Einstein utilizou essa qualidade da luz para explicar o efeito fotoelétrico. Rendeu-lhe o prêmio Nobel de Física em 1921. O físico austríaco Erwin Schrödinger, ganhador do Nobel de Física em 1933 é considerado criador da teoria quântica. Schrödinger sugeriu o alto nível de organização das células somente poderia ser mantido por um constante comando do ambiente, realizado pela luz do sol. Nos anos 1950, o físico Herbert Fröhlich completou essa ideia pela introdução do conceito de coerência nos sistemas vivos, presente em uma luz com alto grau de

organização, a chamada luz laser biológica. A radiação ultrafraca dos sistemas vivos apresenta intensidade estável, com mínimas flutuações. Como laser o campo de luz apresenta elevado grau de ordem, capaz de gerar coerência e transmitir informação (NIGGLI, 2014a).

Han, Yang e Chen (2011) explicam que em física, quantum é a menor quantidade de alguma entidade envolvida em uma interação. A ligação radiação eletromagnética e o conceito de quantização na transferência de energia, como os diversos efeitos da radiação eletromagnética em seres vivos sugerem que o quantum pode ser um novo mensageiro na comunicação dos sistemas biológicos.

Já mencionado, as primeiras hipóteses sobre essa transmissão de informação surgiram nos anos 1920, com os experimentos do russo Alexander Gurwitsch. Ele descobriu uma radiação ultrafraca na divisão celular de cebolas, observando que havia diferença no número de mitoses em raízes de cebola separadas por vidro (proteção de luz ultravioleta-C e ultravioleta-B), em comparação com as separadas por quartzo (transmissão de luz ultravioleta), quando houve aumento da taxa de divisão celular. Com base nessas diferenças, postulou que os organismos vivos se comunicam por meio de luz ultravioleta (NIGGLI, 2014a).

No início dos anos 1950, o desenvolvimento de fotomultiplicadores, dispositivos sensíveis para detecção de fótons com base no efeito fotoelétrico, permitiu novos estudos área. Inicialmente, os fotomultiplicadores eram utilizados para detectar fótons resultantes de colisões nucleares. Com tal equipamento, Colli, descobriu que as células de plantas emitiam uma radiação de baixa intensidade, confirmando os achados de Gurwitsch. Somente em meados de 1970 outros estudiosos na Alemanha, Austrália e Japão confirmaram essa radiação em plantas. Hoje, cientificamente aceito que as plantas, os animais e os humanos emitem essa radiação fraca (NIGGLI, 2014b). A luz fraca também é emitida por micro-organismos, atuando como forma complexa de comunicação intercelular, além daquela propiciada por mediadores químicos (TRUSHIN, 2004).

Gurwitsch físico alemão Fritz-Albert Popp, nos anos 1970 retomou trabalhos esquecidos. Utilizando equipamentos fotoeletrônicos de alta sensibilidade para medição da emissão de luz ultrafraca, confirmou muitos resultados foi o primeiro a atrair as teorias da física quântica para análise desses resultados (VOEIKOV e BELOUSSOV, 2007).

Swain (2008) esclarece que os sistemas biológicos apresentam eventos periódicos com frequências de diversas ordens de magnitude. Há vários tipos de osciladores, por exemplo, mecânicos (batimentos cardíacos), químicos (ritmos circadianos), correntes elétricas (ondas cerebrais), campos eletromagnéticos (calor) e acústicos (voz). As interações entre estes são de natureza eletromagnética. Os osciladores são acoplados não linearmente (não independentes), abrangendo diferentes faixas de frequências, tal forma que qualquer mudança em um deles pode alterar os demais. A respiração, por exemplo, lenta e regular leva à diminuição da frequência cardíaca e também pode levar a mudanças das ondas cerebrais associadas ao estado de relaxamento.

Em Swain (2006), há pelo menos dois tipos de sistemas eletromagnéticos quânticos associados aos seres vivos: na faixa de frequência de micro-ondas, como sugerido por Fröhlich, e proposto por Popp, na região em torno da faixa visível do espectro (biofótons). Afirma existência do acoplamento, por ressonância, dessas duas faixas. Os sistemas propiciariam alto grau de seletividade com baixa interferência, por seleção das distintas frequências em diferentes comunicações intercelulares.

PROPRIEDADES DOS BIOFÓTONS

A hipótese inicial para explicar a origem dos biofótons foi de que esse fenômeno era oriundo de imperfeições no metabolismo. As fontes mais prováveis, os compostos altamente reativos, como radicais e reagentes de oxidação conforme POPP, 2003).

Fritz-Albert Popp descobriu que a emissão ultrafraca de luz por plantas e animais era altamente coerente em toda a faixa de detecção, comportando-se como lasers. No entanto, apresentava radiação muito mais fraca e com grau de coerência mais elevado que os lasers, além de a luz biológica ser policromática, ao contrário do feixe de laser. Considerando as propriedades específicas das radiações eletromagnéticas biológicas, Popp sugeriu que fossem chamadas de “biofótons” (VOEIKOV e BELOUSSOV, 2007).

O trabalho de Popp e de seus colaboradores mostrou que as células humanas normais têm a capacidade de acumular os biofótons transmitidos a elas e utilizá-los nos

seus complexos processos de vida. Células que estão morrendo perdem essa habilidade de armazenar energia, apresentando, antes da morte, um aumento significativo na emissão de biofótons. Embora bem mais lento, um evento similar ocorre nas células durante o processo de envelhecimento. Além disso, no caso de células cancerosas, as toxinas acumuladas ao longo dos anos e que geralmente levam ao acúmulo de detritos celulares nos tecidos, também induzem ao aumento da emissão de biofótons (NIGGLI, 2014a).

Popp (2003) descreve as principais propriedades dos biofótons: a intensidade é baixa, variando de poucos até algumas centenas de fótons/s.cm², o que indica que se trata de um fenômeno quântico; a distribuição espectral apresenta frequências definidas; a probabilidade de registrar n biofótons em um intervalo de tempo Δt segue uma distribuição de Poisson; após a exposição à luz branca, os sistemas biológicos apresentam uma luminescência retardada (emissão induzida de fótons) que diminui lenta e continuamente para a emissão espontânea de biofótons, seguindo uma função hiperbólica e não uma função exponencial; a emissão de biofótons apresenta a dependência da temperatura típica das funções biológicas; reações de estresse são geralmente indicadas por um aumento na emissão de biofótons; o estado conformacional do ácido desoxirribonucleico (DNA – deoxyribonucleic acid) parece influenciar na emissão de biofótons, sendo a cromatina uma das principais fontes de biofótons; a distribuição de Poisson obtida na estatística de registro de fótons e a função hiperbólica no decréscimo da luminescência retardada são condições suficientes de um campo de fótons totalmente coerente.

BIOFÓTONS ORIGINAM-SE DE UM CAMPO COERENTE

Devido à baixa intensidade dos sinais de biofótons, surgiu a dúvida se eram resultado de processos aleatórios ou coerentes. Com a determinação da estatística de registro de fótons, pela obtenção da distribuição de fótons desses sinais, essa questão foi esclarecida. Na emissão de um sinal em processos aleatórios, a distribuição de fótons é

obtida em equilíbrio térmico, enquanto que em processos coerentes apresenta-se uma distribuição de Poisson, para sinais de baixa intensidade (JUNG et al., 2003a).

Bajpai (2003) explica que coerência é a propriedade na qual dois ou mais objetos atuam em uníssono, um sistema onde as subunidades atuam de maneira cooperativa. As unidades podem ser átomos, moléculas, feixes ópticos ou outras estruturas complexas e não precisam ser idênticas, podendo pertencer a diferentes subestruturas de um sistema. Nem sempre agem simultaneamente e sim, de forma cooperativa e coordenada para produzir resultados visíveis, os fenômenos coerentes. As ações de uma unidade coerente podem ser a obtenção de um valor definido de alguma propriedade, como por exemplo, a fase de um campo elétrico, a emissão de fótons ou uma resposta específica a um estímulo. Os biofótons apresentam propriedades que podem ser atribuídas às ações cooperativas de muitas unidades emissoras de fótons.

Ignatov et al. (2014) esclarecem no que se refere às ondas, a coerência é uma propriedade ideal que permite interferência estacionária, isto é, constante no tempo e espaço. De forma geral, a coerência descreve todas as propriedades de correlação entre grandezas físicas de uma única onda, ou entre várias ondas ou pacotes de ondas. Significa que os biofótons, no feixe de luz, vibram simultaneamente, como um feixe de laser, indicando informações próprias do sinal.

Popp (2003), por sua vez, afirma que os campos coerentes dão origem a interferências construtivas ou destrutivas onde, de acordo com a lei da conservação de energia, zonas de destruição devem ser compensadas por zonas de construção. Na fase inicial da interação entre a radiação e a matéria, há uma preferência por interferência construtiva (super-radiância), enquanto que a interferência destrutiva (sub-radiância) prevalece depois de um período de tempo. Assim, há grande probabilidade de ocorrer interferência destrutiva na emissão de biofótons no espaço intercelular. Isso significa que a intensidade de biofótons não pode aumentar linearmente com o número de unidades, mas deve seguir as amplitudes efetivas dos padrões de interferência do campo de biofótons entre os sistemas vivos. Esse tipo de biocomunicação fornece a base para a orientação, formação, crescimento e diferenciação dos sistemas biológicos. Por outro lado, quando a capacidade de superposição coerente do campo de biofótons é perdida, num primeiro estágio, é esperado um aumento na emissão de biofótons, com o aumento

do número de unidades de uma população biológica. Na verdade, as células tumorais perdem a capacidade de produzir interferência destrutiva, à medida que perdem a coerência e a luminescência retardada dessas células segue a função exponencial, enquanto que nas células normais, é observada uma função hiperbólica.

REGISTRO DE BIOFÓTONS

Van Wijk e Van Wijk (2005) explicam que devido à sua baixa intensidade, os biofótons não podem ser capturados com detectores ópticos comuns, sendo necessários instrumentos altamente sensíveis, que permitam registros não invasivos e não destrutivos. Foram desenvolvidos três tipos de sistemas para registro de biofótons. O primeiro consiste dos fotomultiplicadores, que evoluíram de tal forma a propiciar estabilidade do sinal e máxima redução de ruído, permitindo o estudo da emissão de biofótons com o uso de propriedades estatísticas quânticas. O segundo sistema também fornece análise espectral, por meio de um sistema analisador que utiliza um conjunto de filtros ópticos de comprimentos de onda na faixa desde ultravioleta até infravermelho. E o terceiro sistema realiza o registro da distribuição espacial ou a imagem da emissão de biofótons, por meio de equipamentos medidores de fótons bidimensionais ultrasensíveis como os equipados com dispositivos de carga acoplada (CCD - charged-coupled device).

A base física dos tubos fotomultiplicadores é o efeito fotoelétrico, cujo mecanismo é o seguinte: um elétron é emitido após a absorção de um fóton pelo catodo. Esse elétron é amplificado por vários dinodos conectados em série e finalmente, o fluxo de elétrons atinge o anodo e é registrado como um impulso elétrico (NIGGLI, 2014a).

Ignatov et al. (2014) relatam que atualmente, os detectores de emissão de fótons são divididos em duas classes: detectores de fótons e detectores de temperatura. Nos fotodetectores, os fótons absorvidos pelo detector na interação com elétrons, mudam as características elétricas do detector, o que se reflete na medição do sinal elétrico. Nos termodetectores, a absorção de fótons leva a um aumento da temperatura do detector.

PRODUÇÃO DE BIOFÓTONS

Segundo Popp (2003), acontecem cerca de cem mil reações químicas por segundo em cada célula dos seres vivos. Isso seria impossível sem a excitação eletrônica de pelo menos uma das partes envolvidas na reação. A baixa intensidade na emissão de biofótons pode refletir sua função biológica nas células, incluindo a provisão das reações químicas no momento e local corretos. O modelo do ressonador é uma das melhores abordagens para compreender a emissão de biofótons. Esse modelo considera a presença de uma cavidade ressonadora de ondas que promove a estabilidade dos arranjos moleculares bem como as forças que orientam seu movimento. Há uma relação entre o valor do ressonador de uma cavidade e seu conteúdo informacional, apontando para uma compreensão dos sistemas biológicos em termos de informação em vez de mecanismos energéticos. Além disso, os ressonadores podem demonstrar capacidades não lineares devido à sua baixa emissão de fótons.

Há evidências de que a emissão de biofótons resulta principalmente da geração de espécies reativas de oxigênio, os produtos comuns do metabolismo aeróbico, a respiração mitocondrial (TANG e DAI, 2014). Diariamente as células produzem muita energia na forma de adenosina trifosfato (ATP), sendo a mitocôndria a responsável por mais de 95% da produção (JIIN-JU, 2008). Então, a cadeia transportadora de elétrons da mitocôndria, que é geradora de espécies reativas de oxigênio, é a maior fonte de biofótons na faixa de luz visível e radiação infravermelha (TAFUR et al., 2010).

Jiin-Ju (2008) afirma que o DNA pode ser a principal fonte de biofótons, com grande capacidade de armazená-los. As bases excitadas do DNA podem formar dímeros excitados (excímeros) com a base mais próxima, em estado não excitado. A radiação de excímeros no DNA baseia-se no mesmo princípio da radiação laser. De acordo com o projeto Genoma Humano, as células haplóides contêm um DNA com cerca de $3 \cdot 10^9$ pares de base, mas somente 1 a 1,5% codificam proteínas. As bases de DNA, cujas funções são desconhecidas, podem ser necessárias para a emissão de biofótons, como uma forma de regular os genes. Assim, eles poderiam regular processos como a replicação e transcrição do DNA e a síntese de proteínas. Biofótons emitidos durante as mudanças de conformação das proteínas podem desempenhar algum papel nas suas atividades e

funções. Com relação a processos de comunicação celular, que geralmente acontecem em diversas etapas, cada uma levaria à emissão de biofótons que seriam reconhecidos pela próxima etapa ou por vários eventos, podendo ser por frequência.

Niggli (2014b) relata que, como meio natural de todas as células, a água é provavelmente o principal controlador da transmissão de informações de moléculas como DNA e proteínas. Por meio de arranjos de padrão altamente organizado, as moléculas de água são capazes de memorizar frequências de ondas. A água estruturada corresponde a 70% da composição das células humanas.

O bioquímico Albert-Szent Györgyi, recebeu o prêmio Nobel de medicina em 1937. Ele afirmou que a água é a mãe de todos os processos vitais na célula (NIGGLI, 2014b). Szent-Györgyi descobriu que a água estruturada leva diferentes moléculas que interagem com ela a um estado de excitação eletrônica de longa duração, permitindo a transferência de energia nos sistemas biológicos. Considerou também a vida como uma interposição entre dois níveis de energia de um elétron, o estado excitado e o estado fundamental, ou seja, a vida seria uma pequena corrente elétrica circulando o tempo todo (VOEIKOV e DEL GIUDICE, 2009).

Voeikov e Del Giudice (2009) relatam que a ideia de que as espécies reativas de oxigênio nocivas surgem devido a erros do metabolismo dominou a bioquímica por muito tempo, mas recentemente descobriu-se que elas têm um papel fundamental em processos fisiológicos. Mesmo em condições de repouso, até 20% do oxigênio consumido vai para a produção de espécies reativas. Os seres vivos recebem energia das reações de oxidação-redução, pela transferência de elétrons, principalmente para o oxigênio. Por isso, a maioria obtém energia da respiração aeróbica.

APLICAÇÕES NA ÁREA DA SAÚDE

Uma vez aceito que a emissão de biofótons acontece em todos os sistemas vivos, muitos estudos têm sido feitos, indicando esse fenômeno como uma ferramenta não invasiva e poderosa para investigar os tecidos. A área mais recente é a que analisa a emissão de biofótons pelo corpo humano (COHEN e POPP, 2003).

Estudos na área de agricultura e de meio ambiente constituem algumas aplicações dos biofótons, mas seu uso na área médica pode ser de grande valor, como indicam os registros na pele humana em diferentes condições (CHOI et al., 2002). A caracterização da emissão de biofótons de uma variedade de órgãos de mamíferos foi obtida em um estudo *in vivo* das reações de radicais pela peroxidação lipídica. Outros trabalhos sugeriram o potencial uso da medição de biofótons, para monitorar, de forma não invasiva, o metabolismo oxidativo e o dano oxidativo nos tecidos (VAN WIJK, KOBAYASHI e VAN WIJK, 2006).

Pesquisas revelaram que a emissão de biofótons se altera na presença de antioxidantes. Confirmou-se também que a emissão de biofótons é dependente de oxigênio, diminuindo em condições de hipóxia (TAFUR et al., 2010).

Voeikov et al. (2003) demonstraram que o sangue é uma fonte contínua de biofótons, indicando que se mantém em estado eletronicamente excitado devido à produção permanente de espécies reativas de oxigênio.

Slawinski (2003) analisou a emissão de biofótons por células e organismos expostos a substâncias tóxicas, observando que doses letais e fatores de estresse como osmóticos e temperatura levam a uma rápida e irreversível perturbação da homeostase, com o aumento da intensidade de emissão de biofótons. Isso indica que a emissão de biofótons poderia ser útil para avaliar a capacidade de adaptação e a resistência a drogas, toxinas e xenobióticos dos sistemas biológicos.

Popp desenvolveu um método de irradiação que poderia predizer o potencial carcinogênico de produtos químicos. Em 1975, ele descobriu que carcinógenos absorvem a luz ultravioleta-A na faixa de 380 nm e reemitem fótons em uma frequência completamente diferente (NIGGLI, 2014a; NIGGLI, 2014b).

Segundo Cohen e Popp (2003), indivíduos saudáveis apresentam, em média, uma emissão relativamente baixa de biofótons e uma intensidade relativamente alta da luminescência retardada. Em geral, a emissão de biofótons e a luminescência retardada são inversamente correlacionadas.

Diversos estudos sugerem que a intensidade de emissão de biofótons se modifica em casos de doenças. Mas deve ser feita uma distinção entre estudos realizados com lesões na pele e com doenças crônicas. O corpo humano aumenta a emissão de

fótons em áreas anormais como feridas, doenças e outras lesões na pele, porém, a intensidade também muda nos casos de doenças crônicas sem afecções na pele. Observou-se uma diminuição na emissão de biofótons em indivíduos com hipotireoidismo ou que tenham removido a glândula Tireóide, o que sugere uma relação entre a intensidade de biofótons com a taxa metabólica basal (VAN WIJK e VAN WIJK, 2005).

Em pessoas saudáveis, as intensidades de biofótons em pontos correspondentes nos lados direito e esquerdo do corpo tem a mesma ordem de magnitude. No entanto, em casos de doenças como esclerose múltipla, foram encontrados altos valores de biofótons e/ou luminescência retardada, bem como assimetrias entre os dois lados do corpo (COHEN e POPP, 2003).

Choi et al. (2002) avaliaram a emissão de biofótons nas mãos de 20 indivíduos saudáveis, e não observaram diferença significativa entre a palma e o dorso das mãos, bem como dependência da idade ou gênero, talvez porque o tamanho da amostra tenha sido insuficiente. Certas condições em que são feitas as medições, como as características do fotomultiplicador e fatores ambientais podem interferir nos resultados.

Outra pesquisa detectou uma diferença na emissão de biofótons pelas mãos de pessoas de diferentes faixas etárias, sendo que nos idosos, a emissão foi maior. Esse resultado foi atribuído ao aumento do estado oxidativo das proteínas do estrato córneo na pele dos idosos (VAN WIJK e VAN WIJK, 2005).

Jung et al. (2003b) realizaram um estudo no qual foram analisadas estatisticamente as emissões espontâneas de biofótons das mãos de sete indivíduos com hemiparesia. Nos indivíduos com hemiparesia direita, a emissão de biofótons na mão direita foi menor que a emissão na mão esquerda. O mesmo ocorreu com quem tinha hemiparesia esquerda, com menor emissão de fótons na mão esquerda. Após tratamento com acupuntura, a maioria teve redução da assimetria na emissão de biofótons, indicando a efetividade do tratamento.

A intensidade de biofótons varia dependendo do indivíduo e do local do corpo onde é feita a medição. Em geral, a emissão é maior nas mãos e na testa (VAN WIJK, ACKERMAN e VAN WIJK, 2005).

Van Wijk, Kobayashi e Van Wijk (2006) analisaram a emissão de biofótons na parte superior do corpo de um indivíduo, verificando que a intensidade era maior na face

e pescoço, decrescendo gradualmente até chegar ao abdômen. Nos membros superiores, observou-se maior intensidade nas mãos. O estudo continuou com a avaliação da emissão de biofótons em 12 pontos anatômicos de 20 indivíduos, resultando num padrão comum de porcentagem de emissão. Cada ponto contribuiu de maneira proporcional para compor a emissão total, cuja intensidade foi definida pela soma das intensidades em cada ponto. Os autores verificaram a emissão individual de biofótons pode variar ao longo do dia. No tronco, observaram intensidades mais baixas pela manhã do que à tarde, sendo que a região do abdômen apresentou emissão menor e mais constante. As mãos e cabeça emitiram os sinais mais elevados, aumentaram ao longo do dia. Apesar de a emissão total ter variado, o padrão comum de porcentagem permaneceu praticamente o mesmo.

Van Wijk, Ackermam e Van Wijk (2005) analisaram o efeito da meditação na emissão de biofótons em um estudo com cinco indivíduos. A contagem de biofótons antes da meditação foi mais que duas vezes maior para o único indivíduo que não praticava diariamente. Em geral, foi observada uma redução na emissão, após a meditação. A prática parece impactar a atividade de radicais livres, conforme demonstrado por níveis mais baixos de peróxido no sangue em outras pesquisas.

Outro estudo comparou a emissão de biofótons antes e depois da prática de meditação com três grupos de indivíduos. O primeiro praticava meditação transcendental, o segundo era outros tipos de meditação, como yoga, zen, etc., e o último grupo era o controle, não tendo nenhuma experiência em meditação. Observaram após a meditação, houve um decréscimo na média de emissão de fótons de cada grupo em torno de 30 e 20% para os praticantes de meditação transcendental e outros tipos de meditação, respectivamente ao grupo controle. Se a meditação leva a um estado de relaxamento e paz interior, a contagem de biofótons pode representar o nível de relaxamento ou agitação de um indivíduo (VAN WIJK, VAN WIJK e BAJPAI, 2008).

Niggli et al. (2008) observaram em um experimento com células humanas normais de fibroblastos jovens e adultos, que a emissão de laser ultravioleta-A induziu a luminescência retardada nessas células, sendo que as células jovens apresentaram maior intensidade de biofótons. Os autores afirmam que estudos desse tipo, em células da pele podem apontar uma excelente ferramenta em pesquisas sobre o envelhecimento.

Tang e Dai (2014) relatam que estudos recentes mostraram que a emissão de biofótons pode ocorrer ao longo das fibras neurais, revelando uma importante atuação na transmissão de sinais neurais, o que contribui para a compreensão das funções do sistema nervoso. Os mesmos autores, numa pesquisa *in vitro*, identificaram a atividade de biofótons em tecido do cérebro coronal e sagital de ratos, pela aplicação de alta concentração de glutamato, que é o mais abundante neurotransmissor excitatório no sistema nervoso.

CONCLUSÃO

A emissão de biofótons sugere que os organismos biológicos utilizam mecanismos quânticos para regular suas funções (JIIN-JU, 2008). Como um campo eletromagnético coerente nas células, os biofótons podem ser considerados a base da comunicação intercelular (TANG e DAI, 2014).

Apresentando uma coerência quântica, esta radiação fraca possui parâmetros holísticos, ou seja, o estado dos fótons reflete o estado da entidade emissora (BAJPAI, 2003).

Para uma melhor compreensão, a emissão de biofótons em humanos merece a atenção em novas pesquisas, uma vez que pode ser uma ferramenta útil na avaliação e tratamento de doenças.

REFERÊNCIAS

BAJPAI, R.P. Quantum coherence of biophotons and living systems. **Indian J Exp Biol**, v. 41, p. 514-527, May 2003.

CHOI, C.; WOO, W.M.; LEE, M.B.; YANG, J.S.; SOH, K.S. Biophoton emission from the hands. **J Korean Physical Society**, v. 41, n. 2, p. 275-278, Aug 2002.

COHEN, S.; POPP, F.A. Biophoton emission of human body. **Indian J Exp Biol**, v. 41, p. 440-445, May 2003.

HAN, J.; YANG, M.; CHEN, Y. Quantum: may be a new-found messenger in biological systems. **BioScience Trends**, v. 5, n. 3, p. 89-92, 2011.

IGNATOV, I.; MOSIN, O.; NIGGLI, H.; DROSSINAKIS, C. Evaluating possible methods and approaches for registering of electromagnetic waves emitted from the human body. **Advances in Physics Theories and Applications**, v. 30, p. 15-33, 2014.

JIAN-JU, C. Physical properties of biophotons and their biological functions. **Indian J Exp Biol**, v. 46, p. 371-377, May 2008.

JUNG, H.H.; WOO, W.M.; YANG, J.M.; CHOI, C.; LEE, J.; YOON, G.; YANG, J.S.; SOH, K.S. Photon counting statistics analysis of biophotons from hands. **Indian J Exp Biol**, v. 41, p. 446-451, May 2003a.

JUNG, H.H.; WOO, W.M.; YANG, J.M.; CHOI, C.; LEE, J.; YOON, G.; YANG, J.S.; LEE, S.; SOH, K.S. Left-right asymmetry of biophoton emission from hemiparesis patients. **Indian J Exp Biol**, v. 41, p. 452-456, May 2003b.

LIBOFF, A.R. Toward an electromagnetic paradigm for biology and medicine. **J Altern Complement Med**.v. 10, n. 1, p. 41-47, 2004.

NIGGLI, H.J. Ultraweak light impulses regulate life processes in aging. **J Gerontol Geriat Res**, v. 3, n. 2, p. 1-7, 2014a.

NIGGLI, H.J. Ultraweak electromagnetic wavelength radiation as biophotonic signals to regulate life process. **J Electr Electron Syst**, v. 3, n. 2, p. 1-6, 2014b.

NIGGLI, H.J.; TUDISCO, S.; LANZANO, L.; APPLGATE, L.A.; SCORDINO, A.; MUSUMECI, F. Laser-ultraviolet-A induced ultra weak photon emission in human skin cells: a biophotonic comparison between keratinocytes and fibroblasts. **Indian J Exp Biol**, v. 46, p. 358-363, May 2008.

POPP, F.A. Properties of biophotons and their theoretical implications. **Indian J Exp Biol**, v. 41, p. 391-402, May 2003.

SLAWINSKI, J. Biophotons from stressed and dying organisms: toxicological aspects. **Indian J Exp Biol**, v. 43, p. 483-493, May 2003.

SUZUKI, D.O.H. **Software de simulação gráfica para análise de processos elétricos em tecidos biológicos em nível celular**. 2003. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SWAIN, J. On the possibility of large upconversions and mode coupling between Fröhlich states and visible photons in biological systems. **Cornell University Library**, Mar 2006. Disponível em: <<http://arxiv.org/pdf/physics/0603137v1.pdf>>
Acesso em: 12/11/2014.

SWAIN, J. Mode coupling in living systems: implications for biology and medicine. **Indian J Exp Biol**, v. 46, p. 389-394, May 2008.

TAFUR, J.; VAN WIJK, E.P.A.; VAN WIJK, R.; MILLS, P.J. Biophoton detection and low-intensity light therapy: a potencial clinical partnership. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, n. 1, p. 23-30, 2010.

TANG, R.; DAI, J. Spatiotemporal imaging of glutamate-induced biophotonic activities and transmission in neural circuits. **Plos One**, v. 9, n. 1, p. 1-8, Jan 2014.

TRUSHIN, M.V. Light-mediated “conversation” among microorganisms. **Microbiological Research**, v. 159, p. 1-10, 2004.

VAN WIJK, E.P.A.; ACKERMAN, J; VAN WIJK, R. Effect of meditation on ultraweak photon emission from hands and forehead. **Forsch Komplementärmed Klass Naturheilkd**, v. 12, p. 107-112, 2005.

VAN WIJK, R.; KOBAYASHI, M.; VAN WIJK, E.P.A. Anatomic characterization of human ultra-weak photon emission with a moveable photomultiplier and CCD imaging. **J Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 83, p. 69-76, 2006.

VAN WIJK, R.; VAN WIJK, E.P.A. An introduction to human biophoton emission. **Forsch Komplementärmed Klass Naturheilkd**, v. 12, p. 77-83, 2005.

VAN WIJK, E.P.A.; VAN WIJK, R.; BAJPAI, R.P. Quantum squeezed state analysis of spontaneous ultra weak light photon emission of practitioners of meditation and control subjects. **Indian J Exp Biol**, v. 46, p. 345-352, May 2008.

VOEIKOV, V.L. Fundamental role of water in bioenergetics. In: BELOUSSOV, L.V.; VOEIKOV, V.L.; MARTYNYUK, V.S. (Ed.). **Biophotonics and coherent systems in biology**. New York (USA): Springer, 2007. p. 89-104

VOEIKOV, V.L.; ASFARAMOV, R.; BOURAVLEVA, E.V.; NOVIKOV, C.N.; VILENSKAYA, N.D. Biophoton research in blood reveals its holistic properties. **Indian J Exp Biol**, v. 41, p. 473-482, May 2003.

VOEIKOV, V.L.; BELOUSSOV, L.V. From mitogenetic rays to biophotons. In: BELOUSSOV, L.V.; VOEIKOV, V.L.; MARTYNYUK, V.S. (Ed.). **Biophotonics and coherent systems in biology**. New York (USA): Springer, 2007. p. 1-16

VOEIKOV, V.L., DEL GIUDICE, E. Water respiration: the basis of the living state. **Water**, v. 1, p. 52-75, Jul 2009.