

# CLASSIFICAÇÃO *IN VIVO* DE TIPOS DE PELE POR FOTOACÚSTICA

**Janaína Miranda de Sousa<sup>1</sup>, Daniel Acosta Avalos<sup>2</sup>, Paulo Roxo Barja<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade do Vale do Paraíba / IP&D. Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, 12244-000 – São José dos Campos – SP, e-mail: janaina@univap.br

<sup>2</sup> Universidade do Vale do Paraíba / IP&D. Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, 12244-000 – São José dos Campos – SP, e-mail: barja@univap.br, dacosta@univap.br

**Resumo:** A técnica fotoacústica possibilita o estudo de materiais biológicos e suas propriedades ópticas através da análise do sinal produzido em consequência da absorção de luz modulada por uma amostra. Esta técnica tem sido utilizada com sucesso em estudos de penetração de fármacos aplicados à pele, assim como na caracterização de amostras de pele humana extraída. O presente trabalho propõe utilizar o nível de sinal fotoacústico da pele humana *in vivo* e *in situ* como parâmetro auxiliar na determinação do tipo de pele (fototipo) de cada voluntário.

**Palavras-chave:** pele, fototipos de pele, técnica fotoacústica.

**Área do Conhecimento:** III- Engenharias

## Introdução

A pele é o maior órgão do corpo, correspondendo a cerca de 20% da massa corporal total, e tem múltiplas funções vitais: além de revestir o corpo, funciona como barreira entre os meios interno e externo, conservando os fluidos corporais. É impermeável à água, impede a penetração de microorganismos e tem a capacidade de absorver radiação ultravioleta (UV) com participação na síntese da vitamina D. Contém vários receptores sensoriais e tem papel definido nos mecanismos de termorregulação e vigilância imunológica [1].

A classificação mais conhecida para os tipos de pele foi proposta por Fitzpatrick em 1976 [2]. Segundo esta classificação, a pele humana pode ser classificada em seis tipos de acordo com o fototipo e etnia, variando do tipo I (pele mais branca) ao tipo VI (pele negra).

A coloração da pele varia segundo a raça e, no indivíduo, conforme a região do corpo, sendo influenciável também pelas condições do meio. A pigmentação da pele resulta da formação de melanina na região profunda da epiderme e da migração da melanina já formada nas camadas mais superficiais. A

pigmentação é fortemente estimulada pelo UVB (produtor de eritema) e também, em menor extensão, pelos comprimentos de ondas mais longos do UVA e mesmo os visíveis [3,4].

Tabela 1 - Classificação dos fototipos de pele proposta por Fitzpatrick

Grupo	Eritema	Pigmentação	Sensibilidade
I Branca	Sempre se queima	Nunca se bronzeia	Muito sensível
II Branca	Sempre se queima	Às vezes se bronzeia	Sensível
III Morena clara	Queima (moderado)	Bronzeia (moderado)	Normal
IV Morena moderada	Queima (pouco)	Sempre se bronzeia	Normal
V Morena escura	Queima (raramente)	Sempre se bronzeia	Pouco sensível
VI Negra	Nunca se queima	Totalmente pigmentada	Insensível

A técnica fotoacústica configura-se como um valioso método para a caracterização de vários tipos de materiais, oferecendo,

principalmente para amostras biológicas, vantagens significativas sobre técnicas tradicionais [5]. O efeito consiste na geração de ondas acústicas por qualquer tipo de material sobre o qual incide um pulso energético, que pode ser radiação eletromagnética (desde ondas de rádio a raios-x), elétrons, prótons e ultrassom, entre outros. A determinação de propriedades físicas dos materiais pode ser obtida através da geração de ondas térmicas ou ondas acústicas [5].

O modelo aceito para explicar o efeito fotoacústico em sólidos é o modelo do “pistão acústico”, também conhecido como modelo Rosencwaig-Gersho. Neste modelo, a luz modulada absorvida pela matéria é transformada em calor, gerando assim variações de temperatura na interface entre a superfície do sólido e o gás adjacente. Sendo a intensidade da luz modulada, também o aumento de temperatura será modulado. Numa câmara fechada, tais aumentos modulados de temperatura produzirão uma modulação na pressão interna da câmara, o que se traduz num som, que pode ser captado por um transdutor de pressão [5].

A solução matemática para as variações de temperatura no material absorvedor e na camada de ar adjacente mostra que ela se comporta como uma onda evanescente espacial, o que significa que ela diminui exponencialmente com a distância relativa ao ponto de absorção da luz. Isto permite definir o chamado comprimento de difusão térmica e dois regimes térmicos: se o comprimento de difusão térmica for maior que a espessura do material, diz-se que o regime é termicamente fino; caso contrário, o regime é chamado de termicamente grosso. O comprimento de difusão térmica depende da freqüência de modulação da luz, de tal modo que o aumento da freqüência de modulação permite passar do regime termicamente fino ao termicamente grosso [6].

A figura 1 representa uma célula fotoacústica típica com duas faces na configuração de incidência dianteira; a amostra encontra-se acima da câmara fotoacústica e o feixe de luz atravessa primeiro a camada de gás dentro da câmara até alcançar a amostra. Nesta câmara é gerada a onda acústica, transmitida por um canal de ar até o microfone, e este gera uma tensão que é detectada apropriadamente.

Esta célula deve permanecer fechada para manter estável o sinal acústico dentro da câmara [5].

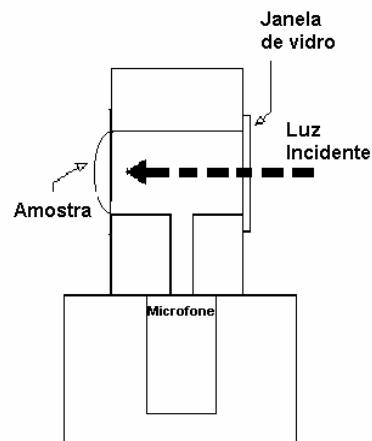


Figura 1: Célula fotoacústica de duas faces (corte transversal). Luz modulada incide sob a câmara fotoacústica. A amostra (antebraço do voluntário) é pressionada lateralmente contra a câmara.

A fotoacústica tem sido bastante utilizada para estudar materiais biológicos como membranas, amostras ósseas ou estruturas de tecidos que são insolúveis e sofrem alterações significativas quando solubilizados, dificultando a obtenção de dados por técnicas convencionais. A espectroscopia fotoacústica possibilita a análise destes tecidos biológicos intacts, constituindo assim uma importante ferramenta de pesquisa e diagnóstico [7]. Outra vantagem da técnica fotoacústica é que o sinal produzido depende da radiação efetivamente absorvida pela amostra sob estudo, permitindo o estudo mesmo de amostras altamente espalhadoras como é o caso de tecidos biológicos.

O propósito do presente trabalho é caracterizar a pele *in vivo* utilizando o nível de sinal fotoacústico da pele humana como parâmetro auxiliar na determinação do tipo de pele de cada voluntário.

## Materiais e Métodos

Utilizou-se um sistema fotoacústico com uma lâmpada de tungstênio halógena de 24V e 250W como fonte de luz, duas lentes Schneider-Kreyznach Xenotar 1:2,8/100, um modulador mecânico (Stanford Research

Systems - SRS, modelo SR540), uma célula fotoacústica de duas faces (fabricada em latão, na oficina da UNIVAP, segundo o esquema da figura 1), possuindo um microfone de eletreto acoplado, um amplificador síncrono (lock-in, Stanford Research Systems - SRS, modelo SR530) e um microcomputador para a aquisição dos dados.

As medidas foram realizadas em 10 voluntárias, sendo realizadas duas medições em cada uma delas, em dias aleatórios. O critério de inclusão adotado era de que os indivíduos fossem do sexo feminino, apresentando baixa densidade de pêlos no antebraço e de diferentes cor e/ou raça. As medidas foram feitas *in vivo*, no antebraço de cada voluntário.

Com o auxílio de um suporte de braço para maior conforto, as voluntárias posicionavam o antebraço sobre a célula fotoacústica para realização das medidas. A frequência de modulação utilizada foi de 17Hz. O sinal gerado pelo microfone foi coletado pelo amplificador síncrono e armazenado em computador. Os valores foram expressos em unidade arbitrária, normalizando-se todas as medidas pela média do sinal para o voluntário 1.

Após a coleta dos dados, as análises foram realizadas com o auxílio do programa *Microcal Origin* e do programa *Instat* para análise estatística, utilizando o teste Kruskal-Wallis para análise (ANOVA não paramétrico, com pós-teste de Dunn para comparação entre cada par de voluntários).

## Resultados e discussão

A seguir, apresentamos os resultados da primeira série de medidas efetuadas. Após efetuar a análise estatística, foi elaborado o gráfico para esta série de medidas, com letras diferentes indicando diferença estatisticamente significativa.

Tabela 2 – Resultados da primeira série de medidas (valor médio e desvio). Valores normalizados pela média do voluntário 1.

Voluntário	Média	Desvio Padrão
1	1,00	0,27
2	0,70	0,19
5	0,71	0,27
3	0,75	0,32
7	0,77	0,22
4	0,83	0,40
9	1,01	0,11
6	1,05	0,23
8	1,16	0,26
10	1,31	0,15

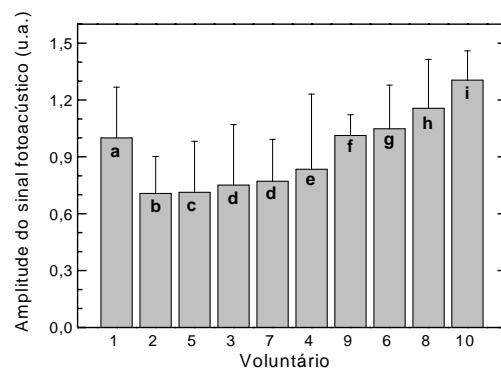


Figura 2: Resultados da primeira série de medidas (valor médio e desvio). Valores em unidade arbitrária, normalizados pela média do voluntário 1. Letras diferentes indicam valores estatisticamente diferentes ( $p < 0,001$ ).

Foi realizada ainda uma segunda série de medidas com os mesmos voluntários. Apresentamos a seguir os resultados da segunda série de medidas efetuadas. Após análise estatística, foi elaborado o gráfico correspondente a estas medidas (letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa).

Tabela 3 – Resultados da segunda série de medidas (valor médio e desvio). Valores normalizados pela média do voluntário 1.

Voluntário	Média	Desvio Padrão
1	1,00	0,29
3	0,76	0,31
2	0,80	0,22
5	0,81	0,40
7	0,93	0,26
4	0,96	0,39
8	1,04	0,21
9	1,06	0,09
6	1,09	0,21
10	1,36	0,19

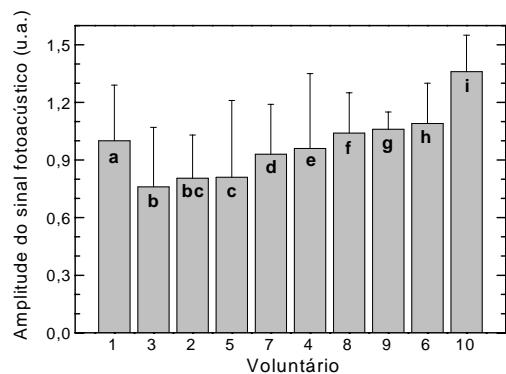


Figura 3: Resultados da segunda série de medidas (valor médio e desvio). Valores em unidade arbitrária, normalizados pela média do voluntário 1.

É importante observar que o teste estatístico efetuado refere-se à comparação entre as medianas (e não entre as médias) para cada voluntário. Na primeira série de medidas, os voluntários 3 e 7 apresentaram valores estatisticamente semelhantes; na segunda série, a diferença entre os voluntários 3 e 2 não é estatisticamente significativa, assim como a diferença entre 2 e 5. No entanto, os voluntários 3 e 5 apresentam diferença significativa entre si.

De modo geral, os resultados obtidos permitem classificar os voluntários em termos da amplitude do sinal fotoacústico. Para ambas as séries de medidas, podemos dividir os voluntários em dois grupos, quanto à amplitude do sinal. As medidas dos voluntários 2, 3, 4, 5 e 7 apresentaram sinal inferior ao do voluntário 1 (adotado como referência). Inspeção visual mostra que

esses voluntários podem ser classificados como apresentando pele clara. Por outro lado, os voluntários 6, 8, 9 e 10 apresentaram nível de sinal fotoacústico superior ao do voluntário 1, e a inspeção visual permite afirmar que estes voluntários têm pele mais escura do que os demais.

## Conclusão

Os resultados obtidos mostram que as medidas fotoacústicas *in vivo* permitem uma classificação comparativa do tipo de pele. Esta classificação, por sua vez, deverá futuramente ser analisada com base na classificação proposta por Fitzpatrick [2]. Além disso, será aplicado um questionário para determinar os hábitos de cada voluntário, uma vez que hábitos como fumo, bebida e exposição diária ao sol podem interferir nos resultados obtidos e na classificação dos fototipos.

## Agradecimento

Este trabalho foi elaborado com apoio da FAPESP (Projeto Jovem Pesquisador 04/02193-1).

## Referências

- [1] TCHORNOBAY, A. M., FILUS NETO, J. Rejuvenescimento Facial a Laser, 2000.
- [2] GUIRRO, E., GUIRRO, R. Fisioterapia dermatofuncional, 3<sup>a</sup>ed revisada e ampliada, São Paulo, 2004, p 223-227.
- [3] KITCHEN, S., BAZIN, S. Eletroterapia de Clayton, 10<sup>o</sup> ed, Ed Manoel, São Paulo, 1998, p.211-217.
- [4] LOW, L., REED, A. Eletroterapia Explicada, princípios e prática, 3<sup>o</sup> ed, Manole, 2001, p.411-449.
- [5] BALDERAS-LÓPEZ, J. A. et al. (1995) Photoacoustic measurements of transparent liquid samples: thermal effusivity. Meas. Sci. Technol. 6, 1163-1168.
- [6] BARJA, P. R. Estudo da Indução Fotossintética Através da Técnica Fotoacústica: Efeitos de Saturação e Fotoinibição. Dissertação de Mestrado, IFGW/Unicamp, 1996.
- [7] DELGADO-VASALLO, O.; MARÍN, E. (1999) The application of the photoacoustic technique to the measurement of the thermal effusivity of liquids. J. Phys. D: Appl. Phys. 32, 593-597.